STUDIEN ZUM LYSINBEDARF VON REGENBOGENFORELLEN (SALMO GAIRDNERI RICHARDSON) MIT HILFE GEREINIGTER DIÄTEN

Johann Strauß

1983

awi-druck
Dissertations-Druck
Müllerstraße 22 · München 5
Telefon 260 40 05

Aus dem Institut für
Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München
Geschäftsführender Vorstand: Prof. Dr. H. Zucker

Angefertigt unter der Leitung von
Prof. Dr. J. Gropp

STUDIEN ZUM LYSINBEDARF VON REGENBOGENFORELLEN (SALMO GAIRDNERI RICHARDSON) MIT HILFE GEREINIGTER DIÄTEN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von
JOHANN STRAUSS
aus
München

München 1982

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärzlichen Fakultät
der Universität München

Dekan:	Prof. Dr. G. Terplan
Referent:	Prof. Dr. J. Gropp
Korreferent:	Prof. Dr. Dr. habil. W. Ahne

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Tag der Promotion: 25. Februar 1983

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1.	Einleitung	1
2.	Literatur	3
2.1.	Vollsynthetische Rationen mit Aminosäuregemischen als Proteinträger	3
2.1.1.	Entwicklung vollsynthetischer Rationen	4
2.1.2.	Entwicklung und Anwendung gereinigter und synthetischer Rationen in Versuchen an Fischen	7
2.1.3.	Problematik vollsynthetischer Aminosäurediäten	12
2.1.4.	Verfügbarkeit der Aminosäuren	14
2.1.5.	Rohproteingehalt in synthetischen Rationen	15
2.2.	Aminosäurebedarfsangaben	17
2.2.1.	Aminosäurebedarfsstudien bei Fischen	17
2.2.2.	Aminosäurebedarf bei der Forelle	24
2.2.2.1.	Aminosäurebedarfsermittlung mittels Bestimmung der freien Aminosäuren im Blut	3o
3.	Eigene Untersuchungen	35
3.1.	Material und Methoden	36
3.1.1.	Versuchsplan	36
3.1.2.	Tiermaterial	43
3.1.3.	Haltung	44
3.1.3.1.	Fischhaltung, Versuch I	44
3.1.3.2.	Fischhaltung, Versuch II	48
3.1.3.3.	Fischhaltung, Versuch III	51
3.1.4.	Futter und Fütterung	51
3.1.4.1.	Futterzusammensetzung	51
3.1.4.2.	Futterzuteilung	66
3.1.5.	Versuchsdurchführung	69
3.1.5.1.	Versuch I	7o
3.1.5.2.	Versuch II	72
3.1.5.3.	Versuch III	74
3.1.6.	Versuchsauswertung	76
3.1.6.1.	Wachstum	77
3.1.6.2.	Futterverzehr	78
3.1.6.3.	Futterverwertung	78
3.1.6.4.	Analysenmethoden zur Bestimmung der Aminosäuren im Blutplasma	78

		Seite
3.1.7.	Versuchsverlauf	79
3.1.7.1.	Versuch I	79
3.1.7.2.	Versuch II	81
3.1.7.3.	Versuch III	84
3.2.	Ergebnisse	85
3.2.1.	Versuch I	85
3.2.2.	Versuch II	91
3.2.3.	Versuch III	99
4.	Diskussion	1o4
4.1.	Versuchsdurchführung und -verlauf	1o4
4.2.	Versuchsdauer zur Aminosäurebedarfsermittlung	1o6
4.3.	Lysinbedarfsermittlung	1o7
4.4.	Gereinigte und synthetische Diäten	111
4.5.	Neoplastische Veränderungen	115
4.6.	Ersatz von Fischöl durch Sonnenblumenöl	117
5.	Zusammenfassung	122
5.1.	Summary	124
6.	Literaturverzeichnis	126
7.	Anhang	142
	Lebenslauf	
	Danksagung	

Alpha/ α	Spezifische Wachstumsrate
AS	Aminosäuren
FPC	Fischproteinkonzentrat
FVW	Futterverwertung (g Zunahme/kg TS Futter)
LM	Lebendmasse
LMZ	Lebendmassezunahme
RP	Rohprotein
TS	Trockensubstanz
VB	Versuchsbeginn
VE	Versuchsende
Wdh.	Wiederholung

1. EINLEITUNG

Während in den vergangenen Jahrzehnten die moderne Tierhaltung in der Landwirtschaft zu enormen Fortschritten geführt hat, so ist die intensive Produktion von Meer- und Süßwasserfischen noch ein relativ junger Zweig der Nahrungserzeugung.

Die Gewinnung von hochwertigem Nahrungseiweiß aus Fischen wird aber gleichzeitig als wichtiger Beitrag zur Lösung von Proteinengpässen in der Versorgung besonders in Drittländern angesehen. Entsprechend sind weltweit Versuche zur Intensivierung von Mari- und Aquacultur zu beobachten.

Die gezielte Produktion von Fischen setzt aber eine genaue Kenntnis über die Ernährung von Fischen voraus. Insbesondere bei Forellen als Raubfischen dürfte die Abweichung in den Bestandteilen der Tagesration zwischen Naturfutter und industriell hergestelltem Trockenfutter - seinerseits Voraussetzung zur Haltungsintensivierung - besonders groß sein.

Bis heute weisen Angaben über den Nährstoffbedarf, deren Zuverlässigkeit für die Formulierung eines für diese Form der Fischhaltung nötigen Alleinfuttermittels von entscheidender Bedeutung ist, erhebliche Lücken auf. So wird vielfach auch heute noch anstelle von gesicherten Bedarfswerten meist mit Erfahrungswerten gearbeitet. Dies trifft auch für den Aminosäurebedarf zu, der größtenteils auf Schätzgrößen beruht, die ihrerseits von den Bedarfswerten anderer Fische (z.B. Lachsen) abgeleitet wurden. Erschwerend kommt hinzu, daß bisher gewählte experimentelle Futterzusammensetzungen, die wie gereinigte und synthetische Diäten eine besonders gute Voraussetzung zur Überprüfung derartiger Bedarfswerte liefern, nur geringe, d.h. teilweise unzureichende Wachstumsraten zulassen.

Aufbauend auf den Untersuchungen von REITER (1980) zur Auffindung geeigneter gereinigter und synthetischer Kostformen sollten deshalb erste Überprüfungen des Lysinbedarfs von Forellen durchgeführt werden. Gleichzeitig sollten Modifikationen der verschiedenen Diätformen geprüft werden.

2. LITERATUR

2.1. VOLLSYNTHETISCHE RATIONEN MIT AMINOSÄUREGEMISCHEN ALS PROTEINTRÄGER

Die Begriffe für halbsynthetische (semipurified) und (voll) synthetische (purified) Kostformen sind teilweise irreführend und werden auch nicht immer einheitlich angewandt.

Im folgenden wird anstelle des Begriffes halbsynthetisch das Wort gereinigt verwendet, um Diäten zu beschreiben, die mehrheitlich auf reinen Nährstoffträgern aufbauen (z.B. Casein-Gelatine-Stärke-Diät).

Die 'vollsynthetische' Kostform wird dann konsequenterweise als synthetisch bezeichnet, wenn ein komplexer Nährstoff der Ration (etwa Casein) durch eine Mischung seiner monomeren Bausteine (hier: synthetische Aminosäuren) ersetzt wird.

Um Daten über die Verfügbarkeit mehrerer Nährstoffe, deren Bausteine bzw. von Elementen zu ermitteln, gelten synthetische Diäten als notwendig, mit denen in Versuchen jeweils ein Element über einen weiten Bereich in seiner Menge geändert werden kann, während andere Anteile gleich bleiben.

Prinzipiell eingeschränktere, in der Versuchspraxis meist aber durchaus ausreichende Möglichkeiten bietet dagegen eine gereinigte Ration, in der sich durch die Kombination beteiligter Nährstoffbausteine die Elemente nicht so beliebig ändern lassen. Diese Rationen sind zudem preisgünstiger und erlauben in der Regel eine höhere Wachstumsrate, die meistens eine bessere Absicherung der Versuchsergebnisse erlaubt.

Gezielte experimentelle Fragestellungen, welche der Ermittlung des Aminosäurebedarfs oder von limitierenden Aminosäuren in bestimmten Futtermitteln dienen, bestätigen die vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten dieses Rationstyps (KÖNIG, 1974).

2.1.1. Entwicklung synthetischer Rationen

Der erste Schritt zur Schaffung einer vollsynthetischen Diät erfolgte 1912 durch ABDERHALDEN. Ihm gelang es, durch in vitro abgebautes Eiweiß (durch kombinierte Einwirkung durch Pepsin-Salzsäure, Trypsin und Erepsin) einen Hund zunächst im N-Gleichgewicht zu halten und in einem späteren Versuch bei einem vorher hungernden und einem wachsenden Hund einen N-Ansatz zu erzielen. In einem weiteren Versuchsabschnitt ernährte ABDERHALDEN einen Hund über 8 Tage mit einem reinen Aminosäuregemisch aus 16 Aminosäuren (Glycin, d-Alanin, l-Serin, l-Cystin, d-Valin, l-Leucin, d-Isoleucin, l- Asparaginsäure, d-Glutaminsäure, l-Phenylalanin, l-Tyrosin, l-Lysin, d-Arginin, l-Prolin, l-Histidin, l-Tryptophan). Dabei gelang es, das Tier in einem Stickstoffgleichgewicht zu halten bzw. eine geringe Retinierung von Stickstoff zu erzielen. Für ABDERHALDEN war damit der Beweis erbracht, daß der tierische Organismus anstelle von Eiweiß mit Aminosäuren allein auskommt.

1o Jahre später gelang es ABDERHALDEN, Mäuse und Ratten mit 2o synthetisch hergestellten Aminosäuren (Glycin, Alanin, Serin, Cystin, α-Aminobuttersäure, Valin, Leucin, Isoleucin, Norleucin, Asparaginsäure, Glutaminsäure, Pyrolidinkarbonsäure, Phenylalanin, Tyrosin, Lysin, Arginin, Histidin, Tryptophan, Prolin, Oxyprolin) für einige Zeit im Stickstoffgleichgewicht zu halten. Dabei zeigten sich aber nach etwa 3 Wochen Störungen. Die Tiere schliefen viel und machten einen apathischen bis kranken Eindruck.

Der Appetit und das Körpergewicht fielen ab. Erst durch Zusatz geringer Mengen Rüböl, Hefe oder Kleie wurden diese Symptome aufgehoben (ABDERHALDEN, 1922).

9 Jahre später stellte auch ROSE fest, daß es ihm nicht gelang, mit den bis dahin bekannten 2o Aminosäuren Ratten ohne Gewichtsverluste über einen längeren Zeitraum zu ernähren. Er folgerte daraus, daß wachstumserzielendes Eiweiß neben den bis dahin bekannten 2o Aminosäuren mindestens noch eine essentielle Diätkomponente enthalten muß (ROSE, 1931).

In einem weiteren Experiment erzielte er durch Hinzufügen von 5 % Casein, Gliadin bzw. Gelatine im Austausch gegen eine äquivalente Menge der Aminosäuremischung ein langsames Wachstum.

Dies erschien damals als weiterer Beweis für die Existenz eines unbekannten essentiellen Nahrungsbestandteils im Protein (ELLIS und ROSE, 1931).

WINDUS und andere modifizierten diesen Versuch in der Weise, daß sie die Aminosäuren von hydrolysierten Casein in verschiedene Gruppen fraktionierten und diese Fraktion in einer Konzentration von 5 % den Diäten aus reinen Aminosäuren hinzufügten, um deren ergänzenden Effekt auf eine vollsynthetische Aminosäurediät zu untersuchen. Den Versuchsplan änderten sie auch insofern ab, als sie für eine Vorperiode von 12 Tagen unergänzte Rationen fütterten, die Gewichtsverluste bewirkten. In der Hauptperiode erzielten sie dann mit den ergänzten Rationen durchaus brauchbare Körpergewichtszunahmen, insbesondere mit der Mono-Aminosäuren-Fraktion, die sie mit Butyl-Alkohol extrahiert hatten. Diese Ergebnisse waren für die Untersucher ein Hinweis, daß die Mono-Aminosäuren-Fraktion einen Bestandteil enthielt, der einen deutlichen wachstumsfördernden Effekt bei Ratten aufwies (WINDUS et al, 1931).

ROSE konnte dann einige Jahre später die Bedeutung der einzelnen Aminosäuren für die Ernährung weitgehend vollständig darlegen. So wurde zum einen eine neu identifizierte Aminosäure als Wachstumskomponente - Threonin - aufgefunden. Zum anderen wies ROSE darauf hin, daß die Aminosäuren Lysin, Tryptophan, Histidin, Phenylalanin, Leucin, Isoleucin, Threonin, Methionin, Valin für den tierischen Organismus essentiell sind, und daß Arginin zwar synthetisiert werden kann, aber nicht in einem ausreichenden Maß, wie es für normales Wachstum nötig sei. Als nicht essentiell führte er die Aminosäuren Glycin, Alanin, Serin, Norleucin, Asparaginsäure, Glutaminsäure, Hydroxyprolin, Prolin, Hydroxyglutaminsäure, Citrullin, Tyrosin und Cystin auf.

Darüber hinaus stellte er auch die Unterschiede zwischen den D- und L-Formen der Aminosäuren heraus. So schrieb er, daß von den 1o essentiellen Aminosäuren nur Tryptophan, Histidin, Phenylalanin, Methionin sowohl in L- als auch in D-Form für den tierischen Organismus verwertbar seien, während L-Valin, L-Leucin, L-Isoleucin, L-Lysin, L-Threonin nicht durch die D-Form ersetzt werden können. Für Arginin schließlich konnte er noch keine Angaben machen, und die Austauschbarkeit von L-Histidin schränkte er ein (ROSE, 1938).

Einige Jahre später wurde nochmals der semiessentielle Charakter von Arginin hervorgehoben und formuliert, daß die Synthese von Arginin in vivo nicht mit dem Argininbedarf der Körperzellen für ein maximales Wachstum Schritt halten könnte (BORMAN et al, 1946, WOMACK und ROSE, 1947).

Nachdem ROSE und seine Mitarbeiter die Aminosäuren nach essentiell und nicht essentiell erfolgreich klassifiziert und auch die Bedeutung der L-Formen der essentiellen Aminosäuren für die Ernährung erkannt hatten, konnten sie beginnen, erste Untersuchungen über den quantitativen

Aminosäurebedarf der Ratte derart durchzuführen, daß sie mittels einer gereinigten Aminosäuremischung durch Veränderung der Konzentrationen der einzelnen Aminosäuren die geringste Konzentration für maximales Wachstum ermittelten. Dabei gelang es ihnen, den Bedarf an den 1o essentiellen Aminosäuren mit insgesamt nur 5,8 % der Diät zu ermitteln und damit ein Wachstum zu erzielen, das in etwa 4o % der maximalen Wachstumsrate ausmachte. Dabei fügten sie der Ration Ammoniumsalze, L-Glutaminsäure, Glycin bzw. Harnstoff hinzu, um damit eine Synthese der nicht essentiellen Aminosäuren in vivo zu ermöglichen. Es zeigte sich, daß von diesen 4 Stoffen Ammoniumsalze und L-Glutaminsäure die beste Wirkung zeigten.

Insgesamt konnte damit durch eine Kombination von 1o essentiellen Aminosäuren und von den Diammonium-Citraten eine Diät mit nur 12,5 % Rohprotein zusammengestellt werden, die den Bedarf von Ratten deckte (ROSE et al, 1949).

2.1.2. Entwicklung und Anwendung gereinigter und synthetischer Rationen in Versuchen an Fischen

Obwohl die Studien von ROSE und seinen Mitarbeitern über synthetische Diäten zur Ermittlung des quantitativen und qualitativen Aminosäurebedarfes der Ratte als Modell für ähnliche Studien bei den Fischen anzusehen sind, konnte deren Testdiät nicht ohne weiteres auf entsprechende Untersuchungen bei Fischen übertragen werden. So ist der Rohproteingehalt in Fischdiäten wesentlich höher anzusetzen als bei Ratten. Rohproteingehalte in Fischfuttermitteln erreichen Konzentrationen bis zu 65 % der Diät (WOOD et al, 1957).

HALVER modifizierte daraufhin diese synthetische Diät, wobei er die Zusammensetzung der Aminosäuremischung am Aminosäuremuster vom Dottersack von Brütlingen, an Lachsbrütlingen selbst bzw. einigen bereits früher zu Vitaminbedarfsbestimmungen erfolgreich eingesetzten gereinigten Casein-Gelatine-Diäten (HALVER, 1957 a) orientierte. Bei einem Vergleich der (zusammengefaßten) 'Dottersack-Brütlinge' Aminosäuremischung mit der Casein-Gelatine simulierenden Aminosäuremischung wurden mit letzterer bessere Ergebnisse erzielt (HALVER, 1957 b). Die Zusammensetzung der jeweiligen Rationen gibt Tabelle 1 wieder.

Die Hauptunterschiede zur vollsynthetischen Diät von ROSE bestanden dabei in der ausschließlichen Verwendung von L-Aminosäuren in einer Konzentration von 7o % der Futtertrockensubstanz, einem reduzierten Gehalt verdaulicher Kohlehydrate (6 % der TS) und in der Verwendung von Carboxy-Methyl-Cellulose, die es ermöglichte, die Gesamtmischung mit Wasser zuzubereiten und sie in einer teigigen Konsistenz zu verfüttern (MERTZ, 1972).

Mit dieser synthetischen Diät konnte dann der qualitative Aminosäurebedarf des Chinook-Lachses ermittelt werden, wobei jeweils die fragliche Aminosäure gegen α-Cellulosemehl gewichtsmäßig ausgetauscht wurde, was jedoch eine Veränderung des Rohproteingehaltes der Ration mit sich brachte.

Dabei zeigte sich, daß der Lachs Arginin, Histidin, Isoleucin, Leucin, Lysin, Methionin, Phenylalanin, Threonin, Tryptophan und Valin für normales Wachstum benötigt, nicht jedoch Alanin, Asparaginsäure, Cystin, Glycin, Glutaminsäure, Prolin, Hydroxyprolin, Serin und Tyrosin (HALVER et al, 1957).

Tabelle 1 Aminosäurezusammensetzung von Dottersack und von Lachsbrütlingen, einer Casein-Gelatine-Mischung sowie von Versuchsdiäten (HALVER, 1957 b)

Zutaten	Dottersack (%)	Lachsbrütlinge (%)	Casein-Gelatine-Kontrolle (g)	Aminosäurediäten C-G (g)	YSF (g)
L-Arginin HCl	1,41	1,36	4,44	5,00	2,5o
L-Histidin HCl H_2O	2,o7	1,8o	2,13	2,5o	3,oo
L-Isoleucin	4,76	5,38	4,11	4,oo	6,oo
L-Lysin HCl	2,o9	2,o7	5,o5	5,oo	3,oo
L-Methionin	1,23	1,3o	1,91	2,oo	2,oo
L-Phenylalanin	2,69	2,64	3,84	4,oo	3,oo
L-Threonin	1,oo	o,95	2,47	2,5o	1,5o
L-Tryptophan	o,97	1,oo	o,74	1,oo	1,5o
L-Tyrosin	2,32	2,o5	3,86	4,oo	2,5o
L-Valin	1,1o	o,91	4,29	4,oo	1,5o
Glycin			4,7o	5,oo	5,oo
L-Alanin			3,4o	3,5o	5,oo
L-Asparaginsäure			4,2o	5,oo	5,oo
L-Cystin			o,2o	o,5o	2,5o
L-Glutaminsäure			13,6o	8,oo	1o,oo
L-Prolin			6,o8	5,oo	5,oo
L-Serin			3,17	3,oo	5,oo
gesamt	19,64	19,46	68,19	7o,oo	7o,oo
Aminosäuremischung				7o	7o
Vitaminfreies Casein			55	-	-
Gelatine			15	-	-
Maisöl			5	5	5
Dorschlebertran			2	2	2
Dextrin weiß			6	6	6
Mineralmischung			4	4	4
Vitaminmischung			3	3	3
α-Cellulosemehl			8	-	-
Carboxymethylcellulose			2	1o	1o
Wasser			3oo	1oo	1oo

Auf dieser von HALVER entwickelten vollsynthetischen Aminosäurediät wurde im folgenden bei der Ermittlung von Bedarfswerten auch anderer Fischarten immer wieder aufgebaut (De LONG et al, 1962; SHANKS et al, 1962; CHANCE et al, 1964; HALVER, 1965; KLEIN und HALVER, 197o). In diesen Folgeuntersuchungen wurde meist der geringere Gehalt einzelner Aminosäuren N-äquivalent gegen nicht essentielle Aminosäuren wie Glutaminsäure oder Prolin ausgetauscht.

Weiterhin konnten ARAI et al (1972) mittels einer synthetischen Aminosäurediät den Bedarf des japanischen Aals ermitteln.

Daß Casein als alleinige Proteinquelle in halbsynthetischen Rationen keine optimal ausgewogene Aminosäureversorgung mit sich bringt, da vor allem Arginin zur limitierenden Aminosäure wird, betonten ANDREWS et al (1977). Sie forderten deshalb die Ergänzung halbsynthetischer Rationen auf Basis von Casein entweder durch reines L-Arginin oder durch Gelatine.

KAUSCHIK (1979) studierte erstmals den Argininbedarf der Regenbogenforelle in Abhängigkeit vom Salzgehalt des Wassers. Als Testdiät verwendete er eine Kombination aus Fischmehl und Zein, die er mit verschiedenen essentiellen Aminosäuren (L-Histidin, L-Lysin, L-Cystin und L-Tryptophan) anreicherte. Der Argininggehalt der gereinigten Diät lag unter dem angenommenen Bedarfswert.

SCHULZ et al (1981) untersuchten nochmals eine gereinigte Diät auf Basis von Casein und Gelatine zur Eignung auf eine Standarddiät. Dabei stellten sie 4 Forderungen an eine gereinigte Diät auf, die sie in ihrem Versuch als erfüllt angaben.

1. Fische müssen über einen Versuchszeitraum von mindestens 8o Tagen vollwertig ernährt werden können, ohne daß Mangelsymptome auftreten
2. Parameter, die zur Beurteilung der Futtermischung herangezogen werden, haben Werte zu erbringen, die niveaumäßig mindestens mit guten handelsüblichen Futtermitteln vergleichbar sind
3. Die Futtermischung sollte aus möglichst wenigen und reinen Einzelkomponenten bestehen, so daß eine Reproduktion jederzeit möglich ist
4. Die Wirkung einer zu untersuchenden Futterkomponente muß eindeutig erfaßt werden können.

Die gute Eignung einer Casein-Gelatine-Diät bestätigten auch COWEY et al (1981), da sie in einem Versuch zwischen Fischmehl und Casein als Proteinquellen keine Unterschiede im Wachstum feststellten.

PFEFFER et al (198o) stehen allerdings der Eignung des Caseins in synthetischen Diäten kritisch gegenüber. Sie sind der Überzeugung, daß der vollständige Ersatz von Fischmehl, das bis heute als Standard schlechthin für Fische anzusehen ist, durch Casein als Proteinträger nicht mit Erfolg bezüglich Wachstum, Futterverwertung, Gesundheitszustand durchführbar ist.

Bei einer weiteren Arbeit derselben Arbeitsgruppe wurde geschlossen, daß starke Verfettungen der Lebern anfielen, wenn das Protein zu zwei Drittel oder mehr aus Casein statt aus Fischmehl stammt. Dabei war der Fettgehalt der Lebern bis zu 3o % erhöht, während der Gehalt an N-freien Extraktstoffen erniedrigt war. Als Ursache wurden folgende 3 Hypothesen in Betracht gezogen (PFEFFER und BARTE, 198o):

1. Im Casein ist eine für die Entwicklung der Forellen negative Substanz enthalten
2. Mindestens eine für Forellen essentielle Aminosäure ist im Casein nicht in ausreichender Menge verfügbar
3. Ein nicht fettlöslicher organischer Wirkstoff, der im Fischmehl enthalten ist, ist für Forellen essentiell und war in den übrigen Bestandteilen der eingesetzten Futtermischungen nicht oder nicht in ausreichendem Maß enthalten.

2.1.3. Problematik synthetischer Aminosäurediäten

Als bedeutsamer Nachteil synthetischer Diäten stellte sich bei reinen Aminosäuren schon bald heraus, daß diese nur bedingt bei den verschiedenen Fischarten anwendbar sind. So konnten AOE und Mitarbeiter (197o) zeigen, daß Karpfen freie Aminosäuren, die in ihrer Zusammensetzung einer Kontrolldiät aus Gelatine und Casein entsprachen, nicht oder nur in sehr geringem Maße verwerten konnten. Gleiches galt auch für ein Trypsinhydrolysat von Casein.

Ähnliches konnten auch ANDREWS et al (1977) bezüglich des 'Channel catfish' berichten.

Eine Verbesserung der synthetischen Diäten für diese Fischarten konnte dann erzielt werden, wenn sie mit Natronlauge auf einen pH-Wert von 6,5 bis 6,7 eingestellt werden (NOSE et al, 1974).

Eine andere Möglichkeit zur besseren Verwertung von reinen Aminosäuren beim Karpfen sah man darin, die Aminosäuremischung mit Casein zu kombinieren ('coated amino acids') (MURAI et al, 1981).

Ebenso sprachen die Autoren die Vermutung aus, daß vollsynthetische Aminosäurediäten auch von Salmoniden etwas schlechter verwertet würden. Dabei wird als Ursache diskutiert, daß Casein die Aufnahme der Aminosäuren evtl. verzögere und somit eine gleichmäßigere Anflutung und Verteilung im Körper bewirkt.

Demgegenüber hat sich schon bei den ersten vollsynthetischen Testdiäten von HALVER gezeigt, daß Salmoniden reine Aminosäurediäten durchaus verwerten können (HALVER, 1957 b), was auch durch andere Autoren bestätigt wurde, die durch Aufwertung mit reinen Aminosäuren die Futterverwertung von Rationen mit verschiedenen Proteinquellen erheblich steigern konnten (RUMSEY und KETOLA, 1975; GROPP et al, 1976).

Der Frage, inwieweit nun der pH-Wert, der besonders in reinen Aminosäurediäten relativ niedrig ist, sich auch bei der Forelle auswirkt, sind vor allem RUNGRUANGSAK und UTNE (1981) nachgegangen, als sie den Einfluß von künstlich angesäuertem Futter auf Wachstum, Futterverwertung und Proteaseaktivität bei der Forelle untersuchten.

Dabei kamen die Autoren zu dem Schluß, daß der durch HCl bedingte niedrigere pH-Wert keinen Einfluß auf Wachstum und proteolytische Aktivität im Darm bedingte. Der pH-Wert des Futters führt nach ihrer Meinung nicht einmal zu einer Änderung des pH-Wertes im Verdauungstrakt. Ein möglicher höherer Energieverbrauch zur Regulierung der Osmose wird jedoch nicht ausgeschlossen.

2.1.4. Verfügbarkeit der Aminosäuren

Im folgenden wird auf die Bezeichnung L-Aminosäure zugunsten der Benennung Aminosäure verzichtet. Allein auf D-Aminosäure wird gesondert hingewiesen.

Daß für den Wert eines Nahrungsmittels sein Gehalt an Aminosäuren, die nicht vom Körper synthetisiert werden können, und die für bestimmte Prozesse unentbehrlich sind, ausschlaggebend ist, wurde schon 1914 erkannt (OSBORNE und MENDEL, 1914).

Wie bereits an früherer Stelle aufgeführt, stellte ROSE (1938) eine vollständige Liste der essentiellen Aminosäuren auf und wies darauf hin, daß sie mit Ausnahme von Tryptophan, Histidin, Phenylalanin, Methionin in ihrer D-Form für die Ratte unverwertbar seien, wobei er die Austauschmöglichkeit von Histidin durch D-Histidin ebenfalls einschränkte.

HALVER benützte deshalb in seiner Aminosäuremischung für Fische allein die jeweiligen L-Formen (1957 b).

Andere Autoren konnten später am Beispiel des 'Channel catfish' darlegen, daß Fische zumindest auch Methionin als Racemat (D- und L-Formen) genauso wirksam ausnützen können wie in der reinen L-Form (ROBINSON et al, 1978).

Ein Lysin-Arginin-Antagonismus, wie er beim Geflügel bekannt ist (JONES, 1964; O'DELL und SAVAGE, 1966), für das Arginin ebenso essentiell ist wie für den Fisch, konnte in Wachstumsversuchen beim jungen 'Channel catfish' nicht aufgefunden werden. Weder bei excessiven Argininingehalten, noch bei übermäßigen Lysinkonzentrationen im Futter wurden Wachstumsraten

oder Futterverwertung eingeschränkt. Ebenso konnte anhand der Blutserumwerte keinerlei Beeinflussung der Arginin-oder Lysinkonzentrationen festgestellt werden, obwohl Lysin bzw. Arginin jeweils bis zum 4fachen des Bedarfes gefüttert wurden (ROBINSON et al, 1981).

Der bei Haussäugetieren bekannte Leucin-Isoleucin-Antagonismus konnte allerdings auch bei Fischen beobachtet werden. So stellten CHANCE und Mitarbeiter (1964) fest, daß sowohl ein excessives Isoleucin-, wie auch Leucinangebot deutlich schlechtere Wachstumsquoten beim Chinook-Lachs verursachte.

Ebenso erhielten WILSON und Mitarbeiter (198o) Hinweise auf eine gegenseitige Beeinflussung von Isoleucin, Leucin und Valin, da sie durch Erhöhung des Isoleucingehaltes im Rationsfutter eine Veränderung der Serumwerte von Valin und Leucin erzielten. In Leucinmangelrationen wurde dagegen ein Anstieg von Valin und Isoleucin im Blutserum des Channel Catfish beobachtet.

Nach Untersuchungen von NOSE (1979) hat der Leucingehalt der Ration beim Karpfen keinen Einfluß auf das Wachstum.

2.1.5. Rohproteingehalt in synthetischen Rationen

Die Naturnahrung der Forellen enthält etwa 6o % Rohprotein. Dabei ist die Ausnutzung von Protein (Verhältnis Proteinansatz zur Menge verdaulichen Nahrungsproteins) bei Fischen mit ca. 2o bis 45 % im Vergleich zum Säugetier mit ca. 4o bis 6o % relativ niedrig.

Andererseits werden an Fischen selbst bei reichlicher Zufuhr verschiedener Proteinquellen noch deutliche Unterschiede in der biologischen Proteinwertigkeit erhalten, was auf ein Überwiegen der Proteinsynthese aus Aminosäuren über die energetische Nutzung der Aminosäuren durch Oxidation hindeutet. Als mittlerer Bedarf an Rohprotein gilt bei der Forelle: 4o % (bei 9o % Trockensubstanz) (GROPP, 1982).

Insbesondere bei Brütlingen liegt er jedoch mit ca. 5o % höher, soll aber bereits nach ca. 6 bis 8 Wochen ebenfalls wieder auf 4o % fallen (SATIA, 1974).

Folgen eines niedrigeren Rohproteingehaltes, wie er aus methodischen Gründen (suboptimale Versorgung zur Bedarfsermittlung) erwünscht und aus Kostengründen bei synthetischen Diäten in Versuchen durchaus sinnvoll sein kann, wurden von mehreren Autoren beschrieben.

KITAMIKADO et al (1964 b) zeigten eine Verringerung der Proteinverdaulichkeit durch erhöhten Stärkeanteil auf.

Die Verdaulichkeit der gesamten Diät fällt mit sinkendem Proteinanteil und ansteigendem Kohlehydratgehalt ab (RYCHLY und SPANNHOF, 1979).

Beim Aal wurde schließlich durch Rationen mit niedrigen Protein- und hohen Kohlehydratanteilen neben einem erhöhten Gehalt an Körperfett auch eine Lebervergrößerung durch erhöhte Glykogenwerte festgestellt (NOSE und ARAI, 1972).

Nach LEE und PUTNAM (1973) ist bei der Forelle ein hohes Protein-Energie-Verhältnis positiv korreliert mit Lebergröße, Glykogenspiegel der Leber, %-Körperfett, %-Körperprotein, bzw. negativ korreliert mit %-Leberfett und Zunahme pro Gramm aufgenommenes Protein.

2.2. AMINOSÄUREBEDARFSANGABEN

Bei der Bedarfsermittlung essentieller Aminosäuren erhebt sich die Frage, inwieweit die dadurch erzielten Werte durch verschiedene Umweltfaktoren als auch durch Interaktionen zwischen den einzelnen Aminosäuren gewissen Schwankungen unterliegen. So weist GROPP (1982) darauf hin, daß es nicht nur für Salmoniden, Karpfen und Aal deutliche Unterschiede gibt, daß selbst zwischen einzelnen Forellenstämmen - allerdings nur geringfügig - verschiedene Bedarfswerte nicht ausgeschlossen werden können.

Weiterhin weist GROPP darauf hin, daß die bisher gewonnenen Angaben meist in Experimenten mit sehr kleinen Fischen erzielt worden sind, es aber nicht auszuschließen ist, daß - entsprechend wie bei anderen Nutztieren - sich einzelne Bedarfswerte in einem späteren Wachstumsabschnitt verändern könnten.

2.2.1. Aminosäurebedarfsstudien bei Fischen

Wie bereits erwähnt, wurden von HALVER (1957 b) bzw. HALVER et al (1957) 1o Aminosäuren als essentiell für

Fische etabliert: Arginin, Histidin, Isoleucin, Leucin, Lysin, Methionin, Phenylalanin, Threonin, Tryptophan und Valin. Unspezifische Mangelsymptome als Folge ungenügender Aminosäureversorgung waren innerhalb weniger Tage reversibel. Die Fische, die nach vorangegangener Mangelfütterung eine vollwertige Diät erhielten, zeigten nach einigen Tagen wieder lebhafte Schwimmbewegungen sowie normalen Appetit und Wachstum. Insgesamt stellten HALVER und Mitarbeiter fest, daß für Fische im Gegensatz zur Ratte (BORMAN et al, 1946) auch Arginin essentiell ist und im Gegensatz zum Geflügel (ALMQUIST und GRAU, 1944) Glycin nicht essentiell ist.

Diese qualitativen Befunde konnten für andere Salmoniden, wie z.B. dem Sockeye Lachs (HALVER und SHANKS, 1960) und die Regenbogenforelle (SHANKS et al, 1962) bestätigt werden. Zusätzlich beschrieben HALVER und SHANKS ein spezifisches Mangelsyndrom bei Diäten, in denen Tryptophan im Mangel vertreten war: die Tiere zeigten nach 3 bis 4 Wochen Rückgratverkrümmungen (Skoliose, Lordose), ein Bild, das sich jedoch ebenfalls als reversibel erwies, da diese Symptome bei vollwertiger Fütterung nach ca. 1 bis 2 Wochen wieder verschwanden.

HALVER und seine Mitarbeiter bemühten sich in den folgenden Jahren, den Aminosäurebedarf beim Lachs quantitativ zu erfassen. Dies galt insbesondere für den Chinook-Lachs, aber auch für den Sockeye-, Coho- und Silverlachs.

Dazu wurde die Zusammensetzung der synthetischen Rationen abgeändert: ein Teil der Aminosäuremischungen wurde durch ein komplexes Protein, z. B. Casein, ersetzt.

Eine Übersicht über die für den Chinook-Lachs von verschiedenen Mitarbeitern und Arbeitsgruppen von HALVER ermittelten Bedarfswerte soll Tabelle 2 geben.

Tabelle 2 AMINOSÄUREBEDARF DES CHINOOK-LACHSES

AS	% TS	% v.RP	Quelle
Threonin	o,9	2,25	HALVER et al, 1958
Lysin	2,o	5,oo	HALVER et al, 1958
Methionin[1]	o,5-o,6	1,5o	HALVER et al, 1959
Valin	1,3	3,2o	CHANCE et al, 1964
Leucin	1,6	3,9o	CHANCE et al, 1964
Isoleucin	o,9	2,5o	CHANCE et al, 1964
Phenylalanin[2]	1,7		CHANCE et al, 1964
Tryptophan	o,15-o,25	o,5o	HALVER, 1965
Arginin	2,4	6,oo	KLEIN und HALVER, 197o
Histidin	o,7	1,7o	KLEIN und HALVER, 197o

1) Bei Vorhandensein von 1 % Cystin

2) Bei Anwesenheit von o,4 % Tyrosin

Damit existierte erstmals eine durch Versuche abgesicherte vollständige Aufstellung über den qualitativen und quantitativen Aminosäurebedarf einer Fischart. MERTZ (1972) stellte in seiner Zusammenfassung über die Ergebnisse HALVERS und seiner Mitarbeiter dabei heraus, daß bei Benennung

der quantitativen Aminosäurebedarfswerte zum Rohprotein diese eine sehr starke Ähnlichkeit zu den Werten warmblütiger Tierarten aufweisen.

ARAI und Mitarbeiter (1972) erkannten dann, als sie den Aminosäurebedarf am Aal (A. anguilla und A. japonica) studierten, daß die selben 1o Aminosäuren, die für den Lachs essentiell sind, auch für den Aal als essentiell anzusehen sind.

Die genauen Bedarfswerte wurden 1979 durch COWEY veröffentlicht aufgrund privater Mitteilungen von ARAI und NOSE, und sind der Tabelle 3 zu entnehmen (ARAI und NOSE, 1978; zitiert nach COWEY, 1979).

Tabelle 3 AMINOSÄUREBEDARF DES AALS IN % VOM ROHPROTEIN

Threonin	3,6
Lysin	4,8
Methionin	3,3[1)]
Leucin	4,1
Isoleucin	3,6
Valin	3,6
Phenylalanin	?
Tryptophan	1,o
Arginin	3,9
Histidin	1,9

1) Bei 1,6 % Cystein

AOE et al beobachteten 197o bei Karpfen, daß synthetische Aminosäurerationen offensichtlich nicht verwertet werden. Hierdurch wurde eine Bedarfsermittlung an Aminosäuren für viele Jahre blockiert.

Der später aufgefundene weitere Effekt der pH-Anhebung solcher Aminosäuremischungen (NOSE et al, 1974) ließ wieder Versuche bei Karpfen zu. Auch hier zeigte sich, daß für den Karpfen dieselben Aminosäuren essentiell waren, wie bereits HALVER und seine Mitarbeiter (MERTZ, 1972) für den Lachs ermittelt hatten.

Einige Jahre später konnte NOSE (1979) dann wieder mittels einer weitgehend neutralisierten Diät ebenso den quantitativen Aminosäurebedarf ermitteln. Tabelle 4 vermittelt eine Übersicht.

Tabelle 4 AMINOSÄUREBEDARF BEIM KARPFEN

AS	% der TS	% vom RP
Arginin	1,7	4,3
Histidin	o,8	2,1
Lysin	2,2	5,7
Threonin	1,5	3,9
Tryptophan	o,3	o,8
Valin	1,4	3,6
Isoleucin	1,o	2,5
Leucin	1,3	3,3
Methionin[1)]		2,1
Phenylalanin		3,4
Tyrosin	1,o	2,86

1) bei 2 % Cystin

Dabei fand NOSE beim Karpfen, ebenso wie schon HALVER bei den Salmoniden, die Abhängigkeit zwischen bestimmten Aminosäuren bestätigt, wie den Spareffekt von Cystin auf den Methioninbedarf und von Tyrosin auf den Phenylalaninbedarf.

Schließlich wurde in den Jahren 1977 bis 1981 durch mehrere Autoren der Bedarf des Channel Catfish untersucht. Da auch bei dieser Fischspezies, ähnlich wie beim Karpfen, reine Aminosäuren nur sehr schlecht verwertet werden, wurden die synthetischen Testrationen, ähnlich wie beim Karpfen, auf einen neutralen pH-Wert eingestellt, um maximale Wachstumsraten und Futterverwertung zu erzielen. Eine Übersicht über die dabei durch verschiedene Autoren ermittelten Bedarfswerte zeigt Tabelle 5.

Tabelle 5 AMINOSÄUREBEDARF BEIM 'CHANNEL CATFISH'

AS	% der TS	% v. RP	Quelle
Lysin	1,23	5,1	WILSON et al, 1977
Methionin[1)]	o,56	2,34	HARDING et al, 1977
Tryptophan	o,12	o,5	WILSON et al, 1978
Threonin	o,53	2,21	WILSON et al, 1978
Phenylalanin + Tyrosin	1,o8	4,5	ROBINSON et al, 1979
Leucin	o,84	3,5	WILSON et al, 198o
Isoleucin[2)]	o,62	2,58	WILSON et al, 198o
Valin	o,71	2,96	WILSON et al, 198o
Histidin	o,37	1,54	WILSON et al, 198o

1) Werte beziehen sich auf o,o Cystin, 6o % des Methionins sind durch Cystin ersetzbar

2) Ein bestimmtes Leucin- Isoleucinverhältnis wird dabei gefordert

Dabei wurde bei einer nochmaligen späteren Überprüfung durch dieselben Autoren der Lysinwert auf 1,5 % der Diät (Trockensubstanz), entsprechend 5,o % vom Rohprotein, korrigiert (ROBINSON et al, 198o b), bzw. der Gesamtwert für Phenylalanin und Tyrosin auf 1,2 % der Diät (Trockensubstanz) und 5,o % vom Rohprotein angehoben (ROBINSON et al, 198o a).

OGINO bestimmte schließlich (198o) den Bedarf von Karpfen und Regenbogenforellen aufgrund des täglichen Anstieges der essentiellen Aminosäuren im Fischkörper. Den Bedarf drückte er in % vom Rohprotein aus, wobei er 4o % Rohprotein mit 8o % Verdaulichkeit voraussetzte. Dabei betonte er die Ähnlichkeit der Bedarfswerte zwischen Karpfen und Regenbogenforelle.

Tabelle 6 AMINOSÄUREBEDARF IN % VOM ROHPROTEIN BEI KARPFEN UND REGENBOGENFORELLE (OGINO, 198o)

AS	Karpfen	Regenbogenforelle
Leucin	4,1	4,4
Isoleucin	2,3	2,4
Valin	2,9	3,1
Threonin	3,3	3,4
Phenylalanin	2,9	3,1
Tyrosin	2,o	2,1
Methionin	1,6	1,8
Cystin	o,8	o,9
Tryptophan	o,6	o,5
Arginin	3,8	3,5
Histidin	1,4	1,6
Lysin	5,3	5,3

2.2.2. Aminosäurebedarf bei der Forelle

Insbesondere bei der Forelle basieren bis heute die Bedarfsangaben nur auf sehr wenigen gesicherten Versuchsergebnissen, meist erfolgen die Bedarfsangaben anhand von Erfahrungswerten oder aufgrund von untergeordneten Ergebnissen aus Versuchen anderer Fragestellungen. So konnte bisher wissenschaftlich fundiert nur der qualitative Aminosäurebedarf ermittelt werden, er entspricht dem Bedarf der anderen Fischspezien (SHANKS et al, 1962).

Spezielle Mangelerscheinungen durch ein Aminosäuredefizit sind dabei vor allem beim Tryptophanmangel bekannt. HALVER und SHANKS (1960) beobachteten zuerst beim Lachs nach 3 bis 4 Wochen als Hauptsymptome Rückgradverkrümmungen, Skoliose und eine geringfügige Lordose.

Diese speziellen Mangelsymptome wurden später ebenso bei der Regenbogenforelle festgestellt. Dabei entwickelten 25 % der Fische, deren Ration einen Mangel an Tryptophan aufwies, Skoliose (SHANKS et al, 1962).

Histologisch zeigten sich bei Tryptophan-mangelernährten Forellen Hyperämie, ungeordnete Anordnung der Myomerensepten und ein Hervortreten der fibrösen Matrix, sowie Kalkablagerungen in Niere und den Gräten (KLOPPEL und POST, 1975).

Ebenso konnte gezeigt werden, daß ein Mangel an Methionin, zusammen mit anderen Ursachen, insbesondere Riboflavinmangel, kataraktogene Veränderungen mit sich bringt. Auf jeden Fall aber verhinderte eine ausreichende Versorgung mit Methionin die Kataraktentwicklung (POSTON et al, 1977).

Ansonsten aber sind die Mangelsymptome bedingt durch fehlende oder nicht ausreichende Aminosäuregehalte mehr unspezifischer Natur, wie mangelnder Appetit und Wachstumsdepressionen (GROPP, 1982).

KAUSCHIK (1979) untersuchte erstmals den quantitativen Aminosäurebedarf bezüglich des Arginins von Forellen im Frisch- und im Salzwasser. Dabei zeigte sich im Süßwasser ein Bedarfswert von 1,2 % der Diät (Trockensubstanz). Der korrespondierende Wert im Salzwasser (o,8 %) war deutlich niedriger. Erwähnenswert ist noch, daß KAUSCHIK den Bedarf nicht nur anhand des Parameters Wachstum festzulegen versuchte, sondern ihn auch durch biochemische Methoden weiter absicherte. Der Gehalt an freiem Arginin in Blut und Gewebe wurde untersucht. Dabei ergab sich, daß der Gehalt an freiem Arginin im Blutplasma erst bei einer Konzentration des Arginins über 1,2 % in der Diät anstieg.

KIM et al (1982) ermittelten in Fütterungsversuchen über 6 Wochen Dauer vorläufige Bedarfsangaben über Lysin. Sie gaben den Lysinbedarf bei jungen Regenbogenforellen mit 1,3 % der Trockensubstanz bzw. mit 3,7 % des Rationsproteins an.

Die Lysinkonzentrationen der Testdiäten mit 35 % Protein betrugen o,72; o,8; o,9; 1,o; 1,1; 1,2; 1,4 und 1,6 % der Trockensubstanz. Die entsprechenden Gewichtszunahmen betrugen dabei nach 6 Wochen Versuchsdauer 14,4; 18,6; 23,2; 26,8; 27,9; 31,1; 34,2 und 34,5 Gramm.

HOKAZONO und Mitarbeiter (1979) zeigten für Lysin auch Abhängigkeiten der Aminosäureresorption vom Inhalt des Verdauungstraktes der Regenbogenforelle. Dabei zeigte sich eine Behinderung des Lysintransportes in der Darmschleimhaut durch Glukose, während ATP als Energielieferant den aktiven Transport der Aminosäure unterstützte.

Darüber hinausgehende Angaben im Aminosäurebedarf der Regenbogenforellen basieren jedoch auf Untersuchungen über Ganzkörperanalysen bzw. die natürliche Fischfutterzusammensetzung oder der Untersuchung von Ersatzfuttermitteln, die mit bestimmten Aminosäuregehalten die Bedarfsschwelle tangieren. Dabei ist jedoch der Schluß vom analytisch ermittelten Aminosäuremuster eines Nahrungsproteins auf seinen Beitrag zur Deckung des Aminosäurebedarfes nicht ganz unproblematisch. Bedarfszahlen werden mit Rationen hoher Aminosäureverfügbarkeit gewonnen, die nicht für alle Futtermittel gegeben ist. Ebenso kann die Verfügbarkeit einzelner Aminosäuren durch Lagerung und Behandlung leiden (GROPP, 1982).

Nichtsdestoweniger sind diese Hinweise für die weitere Forschung sehr wertvoll, stecken sie doch einen bestimmten Rahmen ab, innerhalb dessen genauere Werte erforscht werden können.

So untersuchten ALBRECHT und WÜNSCHE (1972) den Gehalt essentieller Aminosäuren im durchschnittlichen Nahrungsangebot aus niederen Wassertieren eines Forellenbaches (Tabelle 7).

Werden als orientierende Werte Aminosäureangaben für Lachse auch für Forellen unterstellt, so überschreitet das natürliche Aminosäureangebot den 'Bedarf' deutlich.

Tabelle 7 AMINOSÄUREGEHALT (g) IN 100 GRAMM ROHPROTEIN IM NAHRUNGSANGEBOT EINES FORELLENBACHES (ALBRECHT u. WÜNSCHE, 1972)

AS	% d. TS	% v. RP
Arginin	3,14	5,8
Histidin	1,24	2,3
Isoleucin	2,48	4,6
Leucin	3,74	6,9
Lysin	3,14	5,7
Methionin	1,03	1,9
Cystin	0,76	1,4
Phenylalanin	2,38	4,4
Tyrosin	2,06	3,8
Threonin	2,48	4,6
Tryptophan	0,60	1,1
Valin	2,86	5,3

Einen weiteren Hinweis auf den Aminosäurebedarf liefern desgleichen Ganzkörperanalysen insbesondere von Forellen (Tabelle 8). Dies wird noch dadurch unterstrichen, daß Fischproteine in der Forellenernährung immer noch als Standardnahrung nur bedingt durch andere Rohproteinquellen ersetzt werden können.

Tabelle 8 AMINOSÄUREMUSTER IM PROTEIN DER GESAMTFORELLE
(TIEWS et al, 1973)

AS	g AS/16 g N (n=4)
Methionin	3,1
Lysin	7,9
Threonin	4,2
Valin	5,2
Isoleucin	4,2
Leucin	7,o
Phenylalanin	4,3
Tyrosin	3,1
Arginin	6,2
Histidin	3,2
Asparaginsäure	8,9
Glutaminsäure	13,2
Serin	4,o
Glycin	7,o
Prolin	4,7
Alanin	5,6

RUMSEY und KETOLA (1975) werteten eine Ration aus Sojabohnenschrot als einzige Proteinquelle für Forellen mit einzelnen Aminosäuren so auf, daß das Verhältnis der essentiellen Aminosäuren ähnlich war wie in Regenbogenforelleneiern und isoliertem Fischprotein. Durch das damit erzielte deutlich bessere Wachstum schien der Schluß erlaubt, daß diese Aminosäurezusammensetzung dem quantitativen Bedarf der Forelle an Aminosäuren weitgehend entspricht.

CGINO (1980) bestimmte schließlich den Bedarf aufgrund der täglichen Zunahmen jeder einzelnen essentiellen Aminosäure im Körper von Forellen, die mit hochwertigem Protein gefüttert wurden. Seiner Meinung nach entspricht der Bedarf an essentiellen Aminosäuren dieser Fische bezogen auf 100 Gramm Körpergewicht pro Tag der täglichen Zunahme des essentiellen Aminosäuregehaltes pro 100 Gramm Körpergewicht. Die so von ihm ermittelten Werte sind der Tabelle 6 zu entnehmen.

Somit muß bis heute noch weitgehend auf die Bedarfswerte vom Chinook-Lachs zurückgegriffen werden, die auch für die Forelle als gültig angesehen werden, bis genauere Angaben existieren. Besonders hervorzuheben ist dabei der relativ geringe Tryptophanbedarf von Forellen sowie die Essentialität von Arginin (KÜCHLE, 1981).

Tabelle 9 AMINOSÄUREBEDARFSWERTE (MERTZ, 1972)

AS	% v. RP
Threonin	2,25
Lysin	5,0
Methionin	1,5[1)]
Leucin	3,9
Isoleucin	2,5
Valin	3,2
Phenylalanin	5,1[2)]
Tryptophan	0,5
Arginin	6,0
Histidin	1,7

1) Bei 1,8 % Cystein
2) Phenylalanin und Tyrosin 6-7 %

Aufschluß über den Bedarf an einzelnen Aminosäuren läßt sich aber auch bei Beachtung von Versuchsergebnissen anderer Fragestellung erzielen. Während manche Autoren (STEFFENS und ALBRECHT, 1976) einen Zusatz von Lysin zu Futterrationen mit pflanzlichem Eiweiß fordern, da sie neben Methionin das Lysin bei pflanzlichem Eiweiß als limitierende Aminosäure ansehen, so stellten GROPP et al (1976) bei Versuchen über die Ersatzmöglichkeiten des Fischmehles in der Forellenfütterung fest, daß der Bedarf an Lysin vermutlich niedriger als bisher angenommen anzusetzen ist. Die Untersucher erzielten durch 75 %-igen Ersatz von Fischmehl durch Geflügelnebenprodukte, wobei der Lysingehalt von 7,5 bis 8 % auf 4,3 % des Rohproteins fiel, durchaus gute Ergebnisse. Nahezu dieselben guten Ergebnisse wurden mit einer Mischung aus Geflügelnebenprodukten, Haypro und Maiskleber, deren Lysingehalt noch niedriger lag (3,8 %), erzielt.

2.2.2.1. Aminosäurebedarfsermittlung mittels Bestimmung der freien Aminosäuren im Blut

Das einfachste Verfahren zur Bedarfsermittlung stellen Fütterungsversuche dar, welche die fraglichen Aminosäuren in unterschiedlichen Konzentrationen aufweisen. Als Bedarf wird darauf aufbauend die niedrigste Konzentration der fraglichen Aminosäure angesehen, deren Überschreitung in der Regel keine Verbesserung von Wachstum und Futterverwertung mit sich bringt, und bei der es zu keinen spezifischen oder unspezifischen Mangelerscheinungen kommt. Da diese Art von Versuchen jedoch sehr langwierig sein kann, wurde schon früh versucht, durch zusätzliche Versuchsparameter die Versuchsdauer zu verkürzen bzw. die Ergebnisse durch andere Methoden abzusichern. So bestimmte erstmals CHANCE 1962 die Konzentration freier Amino-

säuren im Blut von Lachsen. Dabei verglich er die Werte von Lachsen in den Gewichtsklassen von 2 1/4, 4 1/2 und 9 Kilo sowie von laichreifen Milchnern, die im pazifischen Ozean gehalten und gefüttert wurden, mit Lachsen, denen nach 24 Stunden Hungern in Gefangenschaft das Blut entnommen wurde. Dabei stellte er fest, daß die Gehalte der freien Aminosäuren abhängig von der Fischgröße waren und bei den laichreifen Milchnern, die für mehrere Wochen hungerten, ein stark verschiedenes Bild von freien Aminosäuren aufwies (CHANCE, 1962).

Auf die Untersuchungen von KAUSCHIK (1979) wurde bereits hingewiesen. In einem vorangegangenen Experiment (KAUSCHIK und LUQUET, 1977) wurde gezeigt, daß die freien essentiellen Aminosäuren über längere Zeit des Hungerns im Blutplasma weitgehend konstant blieben. Zusätzlich wurde beobachtet, daß diese Fähigkeit zur Homöostase essentieller Aminosäuren im Blut bei Regenbogenforellen, die im Salzwasser gehalten wurden, wesentlich ausgeprägter war.

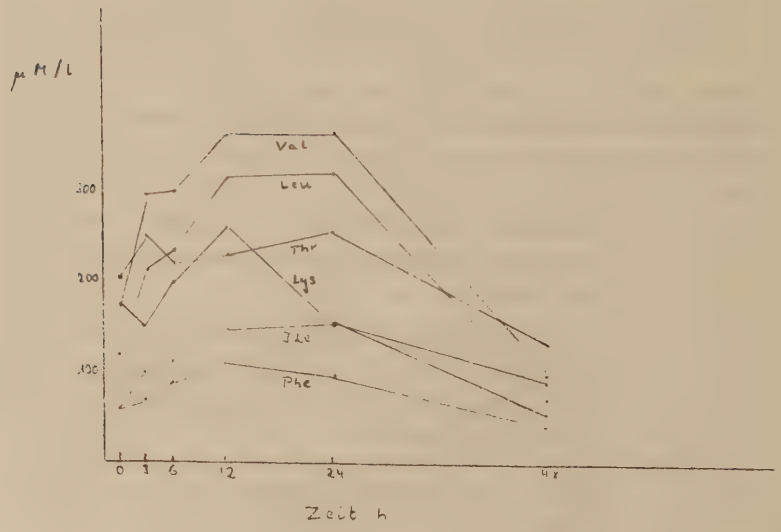
In seinem Versuch zur Bedarfsermittlung setzte KAUSCHIK (1979) dann die Argininmenge in der Diät in der Höhe fest, deren Überschreiten einen Anstieg im Gehalt an freiem Arginin im Blutplasma verursachte. Dabei setzte er folgende Bedingungen an den Versuchsablauf:

- Formulierung von Diäten mit weiten Konzentrationsbereichen der zu untersuchenden Aminosäure
- Vorausgehendes dreitägiges Hungern, gefolgt von einer drei- bis viertägigen Fütterung mit konstanter Menge/Tag als Gewöhnungsperiode
- Blut- und Gewebegewinnung nach einer Nacht Hungern

Um nun diese Methode zur Bedarfsermittlung heranzuziehen, sind darüber hinaus noch einige weitere Kriterien zu beachten.

So zeigten SCHLISIO und NICOLAI (1977), daß die freien Aminosäuren im Plasma der Regenbogenforelle keineswegs ein einheitliches Verhalten nach der Fütterung zeigen. Die Konzentrationen der essentiellen Aminosäuren steigen an, während die nicht essentiellen Aminosäuren sich verschieden verhalten. Dabei soll vor allem Abbildung a über die verschiedenen Konzentrationen essentieller Aminosäuren nach dem Füttern und die daraus resultierende Bedeutung für den Zeitpunkt der Blutentnahme informieren.

Abbildung a KONZENTRATIONSMUSTER DER FREIEN ESSENTIELLEN AMINOSÄUREN IM PLASMA ALS EINE FUNKTION DER ZEIT NACH DER FÜTTERUNG



Auffällig ist hierbei insbesondere das Verhalten von Threonin und Lysin. Threonin zeigt nach einem ersten Peak einen Abfall etwa zur 5. Stunde nach der Fütterung, gefolgt von einem leichten Anstieg. Lysin fällt zunächst bis zur 3. Stunde ab und steigt dann wieder zur 12. Stunde an.

Wahrscheinlich ist das abweichende Verhalten dieser beiden Aminosäuren auf die Versorgung zurückzuführen und damit nicht als generell typisch anzusehen.

Damit scheint das Maximum der Aminosäurekonzentrationen bei 24 Stunden nach der Fütterung zu liegen.

Demgegenüber konnte vergleichsweise das Maximum der Konzentration der essentiellen Aminosäuren beim Karpfen mit 4 Stunden nach der Fütterung ermittelt werden (PLAKAS et al, 198o). - Ein Hinweis auf deutliche Unterschiede bei den verschiedenen Fischarten.

Wichtig bei der Interpretation der Aminosäuregehalte im Blutplasma, sowohl in Hunger- als auch in Mangelsituationen, ist die Beachtung gewisser Einflüsse durch verschiedene Faktoren.

So erkannte bereits CHANCE, wie oben erwähnt, die Abhängigkeit zu verschiedenen Gewichts- und Altersklassen der Fische.

KENYON (1967) zeigte die Rolle der Leber zur Aufrechterhaltung der Aminosäurekonzentrationen im Blutplasma auf. Nach einer Entfernung der Leber wurde 1o Tage nach der Operation ein 65 %iger Anstieg der Konzentration der freien Aminosäuren im Plasma festgestellt.

Den Einfluß des Salzgehaltes von Wasser auf die Plasmakonzentrationen essentieller Aminosäuren beschrieben mehrere Autoren (LALL und BISCHOP, 1976; KAUSCHIK und LUQUET, 1977 a und b; JÜRSS, 198o).

COWEY et al (1977) wiesen darauf hin, daß die Aminosäurekonzentration im Plasma nach Verfütterung von Rationen mit hohem Proteingehalt höher war als bei Rationen mit hohem Kohlehydratgehalt. Darüber hinaus stellten sie fest, daß Insulin die Aminosäuregehalte im Plasma reduziert.

Die Beeinflussung durch aufgenommene Nahrung konnten auch KAUSCHIK und LUQUET (1979) bestätigen. Weiterhin stellten sie fest, daß bei einer Wassertemperatur von 18 Grad die Konzentrationen an essentiellen Aminosäuren im Blutplasma z.T. wesentlich höher lagen als bei einer Wassertemperatur von 12 Grad C.

Abschließend sei erwähnt, daß die Konzentrationen der einzelnen essentiellen Aminosäuren im Vergleich zu den Konzentrationen im Blut von Schweinen nach der Fütterung beim Lachs drei- bis sechsmal höher liegen. Ebenso ist der Gesamtgehalt essentieller Aminosäuren im Blutplasma des Lachses etwa dreimal so hoch wie beim Schwein. Dieser höhere Plasma - Aminosäuregehalt ermöglicht nach Auffassung von MERTZ (1969) offensichtlich eine schnellere Proteinsynthese in den Körperzellen der Fische als in denen von Säugern und Vögeln. Andererseits könnte der hohe Aminosäuregehalt des Fischblutes auch als Anzeichen für eine geringere Aktivität der an der Desaminierung beteiligten Enzyme zu deuten sein.

3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

Auf der Basis von gereinigten und synthetischen Diäten sollte der Bedarf an Lysin geprüft werden. Zusätzlich sollte anhand dieser Versuche die Eignung der dazu verwendeten Diäten untersucht werden. Als Vergleichseiweiß wurde Fischproteinkonzentrat verwendet, da dieses bis heute als Standard in der Fütterungspraxis schlechthin angesehen werden kann und zum anderen in seiner Zusammensetzung von Lieferung zu Lieferung noch relativ konstant ist.

In Versuch I wurden verschiedene Kombinationen von Casein und vollsynthetischer Aminosäuremischung (Casein ersetzt durch Aminosäuremischung N-äquivalent zu 16,7 %, 33,3 %, 5o %, 5o % und 1oo %) als Proteinträger eingesetzt. Variationen im Lysingehalt waren bei mittlerem bis hohem Caseingehalt der Ration nur beschränkt möglich.

In Versuch II wurde der Lysinbedarf weiter überprüft, einmal auf Basis reiner Aminosäuremischungen als Proteinquelle bei 26 % RP, zum anderen in einer Mischung von Aminosäuren und Gelatine. Darüber wurde eine Ration mitgeführt, deren Rohprotein zu jeweils 5o % aus Casein und einer Aminosäuremischung bestand und zusätzlich Gelatine enthielt.

Da über die Verwendung von Sonnenblumenöl in gereinigten Diäten gute Erfahrungen berichtet wurden (SCHULZ et al, 1981), sollte in Versuch II parallel auch Sonnenblumenöl mit Fischöl verglichen werden.

In Versuch III wurde eine abgeänderte Aminosäuremischung mit der bisher verwendeten verglichen. Die bisher erarbeiteten Bedarfsvorstellungen für Lysin sollten mehr eingegrenzt werden.

Bei allen drei Versuchen bestanden die Hauptkriterien in Wachstum, Zunahme und Futterverwertung; zusätzlich wurden bei Versuchsende die Lysinwerte im Blutplasma gemessen. In Versuch III wurde ein evtl. fütterungspathogener Effekt von vollsynthetischen Fütterungsdiäten auf die Leber überprüft.

3.1. MATERIAL UND METHODEN

3.1.1. Versuchsplan

Versuch I:

In Versuch I sollte zum einen durch verschiedene Abstufungen von Kombinationen mit Casein und Aminosäuremischung der Einsatz gereinigter und synthetischer Diäten in der Ernährungsforschung bei Forellen untersucht werden. Als Kontrolldiät wurde eine Ration gewählt, die neben Gelatine Fischproteinkonzentrat als Rohproteinträger enthielt. Im Hinblick auf die später geplanten Untersuchungen war der Proteingehalt gegenüber einem Bedarfwert von ca. 4o % auf 34 % reduziert.

Weiterhin sollten auf der Basis einer Mischung von Labcasein mit der Aminosäuremischung, einmal mit und einmal ohne Lysin, durch verschiedene Verhältnisabstufungen weitere Ergebnisse über den Lysinbedarf erhalten werden. Da in der Vergleichsaminosäurenmischung der fehlende Lysinanteil gewichtsmäßig durch Flocculante ersetzt wurde, ergaben sich damit in den betreffenden Rationen nur annähernd gleiche Rohproteinwerte wie in den Rationen, als deren Bestandteil die Aminosäuremischung mit Lysin gewählt wurde.

Aufgrund der guten Erfahrungen mit nachträglich neutralisierten Aminosäuremischungen im Futter für Karpfen und Channel Catfish wurde auch hier eine mit NaOH behandelte Casein-AS-Ration mitgeführt. Über die Einzelheiten der Versuchsanlage gibt Tabelle 1o Aufschluß.

Tabelle 1o VERSUCHSANLAGE - VERSUCH I -

Versuchsdauer: 8 Wochen

2 Wochen Vorperiode: zur Gewöhnung mittels Kontrollfutter (1)
6 Wochen Hauptperiode: Zwischenwiegung nach 3 Wochen
Endwiegung nach 6 Wochen

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
FPC (%)	3o,o	-	-	-	-	-	-	-	-
Casein (%)	-	25,oo	2o,oo	15,oo	15,oo	-	25,oo	2o,oo	15,oo
AS m.Lys (%)	-	5,869	11,738	17,6o5	17,6o5	35,21	-	-	-
AS o.Lys (%)	-	-	-	-	1)	-	5,545	11,o88	16,63
Gelatine (%)	1o,oo	1o,oo	1o,oo	1o,oo	1o,oo	1o,oo	1o,oo	1o,oo	1o,oo
% RP aus									
FPC	25,o	-	-	-	-	-	-	-	-
Casein	-	2o,83	16,67	12,5o	12,5o	-	2o,83	16,67	12,5o
AS m.Lys	-	4,33	8,67	13,oo	13,oo	26,oo	-	-	-
AS o.Lys	-	-	-	-	-	-	4,o2	8,o4	12,o6
Gelatine	9,o	9,o	9,o	9,o	9,o	9,o	9,o	9,o	9,o
RP gesamt	34,o	34,16	34,34	34,5o	34,5o	35,oo	33,85	33,71	33,56
Lysin % v.RP	6,o	7,1	6,7	6,4	6,4	5,5	6,3	5,3	4,3
Wdh.	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fische/Becken	5	5	5	5	5	5	5	5	5

1) Ration auf pH7 neutralisiert

Futtermenge: 1,5 % der LM/Tag, bezogen auf Futtertrockensubstanz
Wasserversorgung: Kreislaufanlage

Für jede Versuchsgruppe wurden 5 Wiederholungen (Becken) eingerichtet; die Tierzahl pro Becken betrug 5 Forellen bei Versuchsbeginn.

Als Versuchskriterien dienten Wachstum, Futterverzehr und -verwertung, AS-Gehalte bzw. Lysin-Gehalte im Blutplasma.

Versuch II:

Während in Versuch I höhere Werte an Lysin (orientierend an bisherigen Bedarfsvorstellungen) getestet wurden, wurden in Versuch II Casein/Aminosäuremischungen bzw. reine Aminosäuremischungen mit Lysinwerten, die zum Teil erheblich unter dem bisher angenommenen Bedarf lagen, verwendet. Der fehlende Lysinanteil wurde N-äquivalent durch Glutaminsäure ausgeglichen.

In einem Parallelversuch (II B) sollte geprüft werden, ob bei FPC-Rationen ein günstiger Einfluß eines Gelatinezusatzes gemessen werden kann. Darüber hinaus wurde Sonnenblumenöl als Fettquelle mit Fischöl verglichen.

Die Anlagen der Versuche II A und B sind auf den Seiten 39 und 4o tabellarisch zusammengefaßt.

Die Versuchsgruppen waren mit 2 Wiederholungen (Code (1) -(4)des Versuches II A) bzw. mit 3 Wiederholungen (Code(5) - (8)des Versuches II A und Versuch II B) angelegt (25 Forellen/Becken).

Die Versuchskriterien von Versuch I galten auch für Versuch II. Zusätzlich wurden Krankheit und Mortalität sowie Leberveränderungen erfaßt.

Tabelle 11 VERSUCHSANLAGE - VERSUCH II A -

Versuchsdauer: 14 Wochen

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Casein (%)	15,o	15,o	-	-	-	-	-	-
AS o.Lys (%)	16,63	16,63	33,26	33,26	33,26	33,26	33,26	33,26
Lysin HCl(%)	o,975	-	1,95	-	1,95	-	o,975	1,463
Glu -sre (%)	-	1,568	-	3,136	-	3,136	1,568	o,784
Gelatine (%)	1o,oo	1o,oo	1o,oo	1o,oo	-	-	-	-
% RP aus								
Casein	12,5	12,5	-	-	-	-	-	-
AS+Lys+Glu-sre	13,o	13,o	26,o	26,o	26,o	26,o	26,o	26,o
Gelatine	9,o	9,o	9,o	9,o	-	-	-	-
RP gesamt	34,5	34,5	35,o	35,o	26,o	26,o	26,o	26,o
Lysin % v. RP	6,4	4,1	5,5	1,o	6,o	o,o	3,o	4,5
Wdh.	2	2	2	2	3	3	3	3
Fische/Becken	25	25	25	25	25	25	25	25

Futtermenge: 1,5 % der LM/Tag, bezogen auf Futtertrockensubstanz; pelletiert

Wasserversorgung: vorgewärmtes Frischwasser

Tabelle 12 VERSUCHSANLAGE - VERSUCH II B -

Versuchsdauer: 14 Wochen

Code Nr.	(9)	(1o)	(11)	(12)
FPC (%)	3o,o	3o,o	-	-
Casein (%)	-	-	3o,o	3o,o
Gelatine (%)	-	1o,o	1o,o	1o,o
Fischöl	15,o	15,o	15,o	-
Sonnenblumenöl	-	-	-	15,o
% RP aus				
FPC	25,o	25,o	-	-
Casein	-	-	25,o	25,o
Gelatine	-	9,o	9,o	9,o
RP gesamt	25,o	34,o	34,o	34,o
Lysin % v. RP	6,7	6,o	7,4	7,4
Wdh.	3	3	3	3
Fische/Becken	25	25	25	25

Futtermenge: 1,5 % der LM/Tag, bezogen auf Futtertrockensubstanz; pelletiert

Wasserversorgung: vorgewärmtes Frischwasser

Versuch III:

Da die bisher verwendete Aminosäuremischung nicht völlig befriedigt hatte, wurde durch Änderung des Gehaltes an Methionin, Cystin, Valin, Phenylalanin, Arginin und Leucin eine neue AS-Mischung zusammengestellt.

Die Lysingehalte wurden in einem Bereich von 4 bis 6 % vom Rohprotein variiert, da aus den bisher vorausgegangenen Versuchen durch höhere Lysinanteile gewichtsmäßig keine besseren Ergebnisse zu erzielen waren, andererseits jedoch bei einer Konzentration von 3 % Lysin am Rohprotein und darunter Wachstumseinbußen sowie erhöhte Morbidität und Letalität zu verzeichnen waren.

Die Versuchskriterien von Versuch I galten auch für Versuch III. Als weiteres Versuchskriterium erschien eine histologische Untersuchung der Fischlebern angebracht, da sich im zweiten Versuch eine ansteigende Freßunlust ab der 7. bis 8. Versuchswoche eingestellt und bei Versuchsende ein makroskopisch deutliches verändertes Aussehen der Fischlebern ergeben hatte.

Jede Versuchsgruppe war mit 2 Wiederholungen (Becken) angelegt. Die Tierzahl/Becken betrug 25 Forellen.

Tabelle 13 VERSUCHSANLAGE - VERSUCH III -

Versuchsdauer: 9 Wochen

1 Woche Vorperiode (ohne Fütterung)
8 Wochen Fütterung

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
AS alt o.Lys	33,26	-	-	-	-
AS neu o.Lys	-	33,82	33,82	33,82	33,82
Lys. HCl	1,95	1,95	1,625	1,463	1,3o
Glu-sre	-	-	o,523	o,784	1,o45
RP gesamt	26,o	26,o	26,o	26,o	26,o
Lysin % v. RP	6,o	6,o	5,o	4,5	4,o
Wdh.	2	2	2	2	2
Fische/Becken	25	25	25	25	25

Futtermenge: 1,5 % der LM/Tag, bezogen auf Futtertrockensubstanz; pelletiert

Wasserversorgung: Frischwasser

3.1.2. Tiermaterial

Versuch I:

In Versuch I wurden Restbestände der Regenbogenforellen (Salmo gairdneri Richardson) aus vorangegangenen Versuchen verwendet.

Diese waren aus dem Fischzuchtbetrieb Thalhammermühle in Amerang gekauft worden und sind zum Teil in Versuche einbezogen worden, in denen ein bakterielles SCP-Futtermittel (Probion FM 43o) auf seine Eignung in der Forellenernährung untersucht wurde.

Der Schlupf war am 3o.6.79, demzufolge waren die Tiere zu Versuchsbeginn am 3.9.1981 27 Monate alt. Die durchschnittliche LM der zum Versuch benötigten 225 Fische betrug in etwa zu Beginn des Vorversuches (3.9.1981) 1oo g bzw. zu Beginn des Hauptversuches (17.9.1981) 112 g/Fisch.

Versuch II:

Für Versuch II wurden etwa 2ooo Forellensetzlinge vom Fischgesundheitsdienst in Grub im Herbst 1981 besorgt. Auch hier wurde wieder ein Teil dieser Tiere vorher in einem anderen Versuch über verschiedene Ersatzmöglichkeiten von Futtermittelträgern eingesetzt. Der Schlupftermin war 1. und 2. Woche Januar 1981, demnach betrug das Alter der zum Versuch benötigten 8oo Tiere zu Versuchsbeginn ca. 11 Monate. Das Durchschnittsgewicht hielt sich dabei in einer Größenordnung von 11,7 g/Fisch. Als Futter erhielten die Forellen im letzten Monat vor dem Versuch Forellenbrutfutter der Firma Plange, Kraftfutterwerke KG, Wangen.

Versuch III:

Für Versuch III erhielt das Institut nochmals etwa 1400 Forellen vom Fischgesundheitsdienst in Grub vom gleichen Schlupftermin wie in Versuch II, die jedoch vorher noch in keinem anderen Versuch eingesetzt waren. Von diesen Setzlingen wurden für Versuch III 250 Tiere benötigt. Das Gewicht belief sich durchschnittlich auf 23,8 g/Fisch. Die Fütterung bis zum Versuchsbeginn erfolgte mit FPC-haltigem Kontrollfutter, das täglich auf 2 Portionen verteilt gefüttert wurde.

3.1.3. Haltung

Versuchsanlagen

Zur Durchführung der Versuche standen im Institut drei verschiedene Typen von Fischhaltungsanlagen zur Verfügung.

3.1.3.1. Fischhaltung - Versuch I:

Verwendet wurde eine offene Kreislaufanlage, deren Vorteil in erster Linie im sparsamen und damit kostengünstigen Frischwasserverbrauch besteht. Der Aufbau gliedert sich zunächst in einen Produktionsteil (Aquarien bzw. Fischbehälter) und in einen funktionellen Anteil, bestehend aus Wasserverteiler - und Wassersammelsystem

sowie einem unterteilten Becken zur mechanischen Reinigung des Wassers mit der Möglichkeit einer mengenmäßig regulierbaren Frischwasserzufuhr.

Der Produktionsteil besteht aus 6o PVC-Behälter, 44x34x42 cm, mit einem Volumen, das sich durch Verstellen der Abflußhöhe von ca. 3o auf 6o Liter variieren läßt. Da Zufluß und Abfluß in den diagonal gegenüberliegenden Ecken angelegt sind, wird eine längere Verweildauer des mit O_2 höher gesättigten Zuflußwassers erreicht, andererseits durch die Strömungsverhältnisse ein besserer Abtransport der Fäkalien erzielt, was letztlich auch dadurch gefördert wird, daß der Abfluß knapp über dem Boden des Beckens angelegt ist. Zusätzlich sind die Becken durch Gitter abgedeckt, um ein Herausspringen der Fische zu verhindern.

Im Funktionsteil wird das abfließende Wasser in PVC-Rinnen gesammelt und dem Sammelbecken über eine Filtermatte zugeführt. Vom Sammelbecken (ca. o,5 m^3) aus besteht am tiefsten Punkt eine Verbindung zur Kanalisation, um die relativ schweren Schmutzpartikel auszuscheiden. Oberhalb dieses Abflusses besteht ein Zufluß in ein Mischbecken (ca. 1 m^3), in dem das Gebrauchtwasser mit Frischwasser, das durch Aktivkohlefilter ggf. entchlort werden kann, angereichert wird und über Pumpen wieder den Fischbehältern zugeführt wird.

Bei Ausfall der Pumpen wird die Anlage über ein mechanisches Druckventil ersatzweise mit Frischwasser versorgt.

Die Anreicherung des Gebrauchtwassers mit Sauerstoff erfolgt dabei derart, daß das Abflußwasser in einem Gefälle von bis zu einem Meter dem Sammelbecken zugeführt wird, wobei zusätzlich durch Passieren des Filters nochmals eine größere Gasaustauschoberfläche erreicht wird,

sowie durch Frischwasser und die damit verbundene Oberflächenturbulenz im Mischbecken.

Die Reinigung des Wassers von Schmutzpartikeln erfolgt durch den Filter (ca. 1 qm), der während des Versuches ca. viermal pro Tag gereinigt wurde, sowie durch Absetzen der Schmutzpartikel im Sammelbecken und damit Überführung in die Kanalisation, als auch durch den Verdünnungseffekt durch Frischwasser.

Zur Austreibung der nicht grob mechanisch filtrierbaren Schadstoffe, insbesondere des Ammoniaks, ist der Quotient aus Frischwasserzufuhr und Volumen der Anlage (=M:J) als Regulator anzusehen. Dabei liegt das optimale M:J-Verhältnis zwischen o,35 und 1,5 (LIEDER, 1979), das jedoch speziell bei der zur Verfügung stehenden Anlage wegen der Gefahr einer N_2-Übersättigung im Bezug auf den oberen Grenzwert nach unten eingeschränkt werden mußte. Besonders in den Sommermonaten kommt es zu höheren Temperaturen des Kreislaufwassers. Da diese Anlage keine ausreichende Belüftungsmöglichkeit zur Austreibung überschüssigen Stickstoffes besitzt, kann es durch zu viel eingeführtes kaltes Frischwasser mit höheren Stickstoff-Sättigungswerten somit zu einer relativen Übersättigung des warmen Kreislaufwassers kommen. Werden Sättigungswerte von 118 % überschritten, führt dies zur sog. Gasblasenkrankheit bzw. Gas-Bubble-Disease (RUCKER, 1972; DEUFEL, 1976).

Für Versuch I ergaben sich folgende konkrete Werte:

45 Aquarien wurden mit je 5 Forellen à ca. 1oo g LM besetzt, was bei einem Aquariumvolumen mit ca. 4o Liter einen Fischbesatz von 12,5 g LM/l ergab.

Die Wasserwerte während des Versuches ergeben sich aus Tabelle 14 und über einige analytische Werte des Münchner Leitungswassers informiert Tabelle 15.

Die Wassertemperatur sowie der pH-Wert wurden jeweils zweimal pro Woche gemessen. Zur Messung des O_2-Gehaltes wurde eine Sauerstoffsonde der Firma Orbisphere (Zürich) benützt, die Messung erfolgte jeweils einmal innerhalb von zwei Wochen zur Mittagszeit, d. h. zeitlich zwischen der Vormittags- und Nachmittagsfütterung; gemessen wurde insbesondere der O_2-Gehalt im Becken, d. h. weder in der Nähe des Zuflusses noch des Abflusses.

Tabelle 14 WASSERWERTE - VERSUCH I -

	$\bar{x}$	x_{min}	x_{max}
Wassertemperatur (°C)	1o,7	9,8	11,2
Sauerstoff (ppm)	9,8	9,4	1o,1
pH[1)]	7,5		
Durchfluß (l/min)	3,5	3,o	4,o
M/J = Zufluß/Gesamtvolumen	o,5 - 1,o		
9o %ige Ausdünnung d. Verunreinigung (h)[2)]	5 - 2 1/2		

1) gemessen mit Neutralit^R (Fa. Merck)

2) LIEDER, 1979

Tabelle 15 DURCHSCHNITTLICHE ANALYSENDATEN MÜNCHNER LEITUNGSWASSER
(Werte des Wasserwerks München)

	$\bar{x}$	x_{min}	x_{max}
pH	7,44	7,25	7,6o
Ca (mg/l)	79,4		
Mg (mg/l)	22,2		
Gesamthärte	16,2°d		2o,o°d
Karbonathärte	15,o°d	14,1°d	15,8°d

1°d=1omg CaO/l

3.1.3.2. Fischhaltung - Versuch II:

In Versuch II wurden zwei Anlagen im Durchflußsystem, eine aus Glasaquarien, die andere aus Rundbecken bestehend, verwendet, die aus einem gemeinsamen Frischwasserbehälter mit Heizmöglichkeit gespeist wurden. Diese Anlagenkombination erwies sich insofern als vorteilhaft, da der Versuch in den Wintermonaten stattfand, und somit ein erhebliches Absinken der Wassertemperatur zu befürchten war. Dabei wurde in dem Frischwasserbehälter (ca. 1 m^3) das Wasser mittels Heizstäben angewärmt, wobei durch einen Thermostaten gewährleistet war, daß eine einstellbare Höchsttemperatur nicht überschritten wurde. Da bei diesem Versuch aber relativ viele Aquarien angeschlossen waren, konnte durch den hohen Wasserdurchfluß im Behälter keine konstante Temperatur aufrechterhalten werden.

Es erwies sich aber bereits als günstig, das etwa 7 bis 8°C kalte Leitungswasser um etwa 2 bis 3°C anwärmen zu können. Hierdurch wurde eine durchschnittliche Wassertemperatur von 9,8°C erreicht, die in etwa der von SCHMEING-ENGBERDING (1953) genannten Vorzugstemperatur von Regenbogenforellensetzlingen entspricht.

Auch hier bestand die Möglichkeit, das zugeführte Frischwasser im Bedarfsfall durch Einsatz von Aktivkohlefilter zu entchloren. Das angewärmte Wasser wurde dann über zwei Pumpen und über ein Verteilersystem den beiden Aquarienanlagen zugeführt. Im Gegensatz zu Versuch I wurde hier im Durchflußsystem gearbeitet, bei dem das abfließende Wasser aus den Aquarien nicht wieder aufbereitet wurde.

Die Glasaquarienanlage (Versuch II A) bestand aus 2o Aquarien, die jeweils in 4 Reihen zu 5 Stück angeordnet waren. Die Außenmaße betrugen dabei pro Aquarium 5ox25x4o cm, das Füllungsvolumen belief sich auf 43 l. Zusätzlich wurden alle Becken über insgesamt 4 elektrische Luftpumpen belüftet, zum einen zur Stickstoffaustreibung, zum anderen als zusätzliche Sicherung der Sauerstoffversorgung. Der Wasserzufluß ließ sich über Schlauchklemmen auf ein bestimmtes Durchflußvolumen pro Aquarium einstellen; der Abfluß war so angelegt, daß Schmutz und Fäkalien direkt vom Boden abgesaugt wurden, um eine größtmögliche Sauberkeit des Aquarienwassers zu gewährleisten.

Die 12 Rundaquarien (Versuch II B) waren kreisförmig angeordnet; jedes einzelne Becken hatte eine Abmessung von 35 cm im Durchmesser und 55 cm in der Höhe sowie ein Füllungsvolumen von 5o l. Um die Ablenkung der Tiere möglichst gering zu halten, und um die Wirksamkeit eines durch Neonröhren und Zeitschaltuhr bedingten Lichtregimes zu erhöhen, waren die Aquarien mit Styropor

ummantelt. Als Sauerstoffnotversorgung diente eine an alle 12 Aquarien angeschlossene O_2-Preßluftflasche (Volumen ca. 5o l), die im Falle eines Stromausfalles und dadurch bedingt eines Ausfalles der Wasserpumpen durch einen Magnetschalter die 12 Becken für ca. 8 Stunden (d. h. etwa eine Nacht lang) mit Sauerstoff versorgt hätte.

Der Besatz erfolgte mit 25 Fischen pro Becken bei ca. 11,7 g Einzelfischgewicht, wobei sich eine Besatzdichte in den Glasaquarien von 6,8 g/l ergab und in den Rundaquarien von 5,9 g/l. Die Wasserwerte während des Versuches ergeben sich aus Tabelle 16. Dabei wurden Wassertemperaturen, pH-Wert, Wasserdurchfluß und O_2-Gehalt in Abständen von 2 Wochen gemessen. Die Messung des Sauerstoffgehaltes erfolgte, wie bereits im Versuch I erwähnt, zeitlich zwischen Vormittags- und Nachmittagsfütterung, um durch den höheren O_2-Bedarf unmittelbar nach der Fütterung keine unnötigen Verfälschungen in Kauf zu nehmen.

Die durchschnittlichen Analysenwerte des Münchner Leitungswassers sind der im 1. Versuch aufgeführten Tabelle 15 zu entnehmen.

Tabelle 16 WASSERWERTE - VERSUCH II A u. B

		$\bar{x}$	x_{min}	x_{max}
Wassertemp. (°C)	Glasaqu.(A)	9,8	9,o	1o,9
	Rundaqu.(B)	9,8	9,o	1o,9
Sauerstoff(ppm)	Glasaqu.(A)	9,8	9,6	1o,o
	Rundaqu.(B)	8,5	8,3	8,7
Zufluß (l/min)	Glasaqu.(A)	1,o		
	Rundaqu.(B)	o,5		
pH [1]	Glasaqu.(A)	7,5		
	Rundaqu.(B)	7,5		

[1] gemessen mit Neutralit^R (Fa. Merck)

3.1.3.3. Fischhaltung - Versuch III:

Da in Versuch III nur 1o Aquarien benötigt wurden, wurde auf die oberen 2 Reihen à 5 Becken der Glasaquarienanlage zurückgegriffen. Da dieser Versuch im Sommer ablief, wurde auf eine Anwärmung des Wassers verzichtet und durch eine Parallelschaltung die Anlage direkt aus der Wasserleitung versorgt. Die sonstigen Angaben über die Glasaquarien sind identisch mit der Beschreibung in Versuch II A.

Tabelle 17 gibt die entsprechenden Analysenwerte des Wassers wieder.

Tabelle 17 WASSERWERTE - VERSUCH III

	$\bar{x}$	x_{min}	x_{max}
Wassertemperatur (°C)	1o,8	1o,6	11,o
Sauerstoff (ppm)	9,6	9,4	9,9
Zufluß (l/min)	1,5		
pH [1]	7,5		

[1] gemessen mit Neutralit^{R} (Fa. Merck)

3.1.4. Futter und Fütterung

3.1.4.1. Futterzusammensetzung

Versuch I:

In Versuch I wurden zum einen Casein-Gelatine-Rationen, bei denen Casein zu bestimmten Teilen gegen eine AS-Mischung mit Lysin und ohne Lysin ausgetauscht wurde, gegenüber einer

Fischproteinkonzentratration (Ration (1)) verglichen. Jede dieser Rationen war in etwa auf ca. 34 % Rohprotein eingestellt, wobei sich aber vor allem in den Rationen (7) bis (9), in deren Aminosäuremischungsanteil Lysin gegen Flocculante ausgetauscht wurde, der Rohproteingehalt geringfügig nach unten verschob. Der stufenweise Austausch des Caseins erfolgte dabei in den Rationen (2) bis (4), bezogen auf den Rohproteingehalt des Caseins, zu 16,7 %, 33,3 % und 5o % durch die AS-Mischung mit Lysin, sowie in einer 2. Reihe (Rationen (7) bis (9)) durch die AS-Mischung ohne Lysin. In Ration (6) wurde das Casein N-äquivalent zu 1oo % gegen die AS-Mischung mit Lysin ersetzt. Zusätzlich wurde eine Gruppe (5) geführt, deren Futter in der Zusammensetzung Ration (4) entsprach, deren pH-Wert mittels 32 %iger NaOH-Lauge auf 7 eingestellt worden war.

Damit ergaben sich in den Rationen (2) bis (6), in denen Casein stufenweise durch die lysinhaltige AS-Mischung ersetzt wurde, folgende Lysinwerte in % vom Rohprotein: 7,1; 6,7; 6,4; 6,4 und 5,5.

In den Rationen, in denen die zugefügte AS-Mischung kein Lysin enthielt, betrugen die Werte, bezogen auf den Rohproteingehalt: 6,3; 5,3 und 4,3 %.

Der Lysingehalt der als Kontrollration dienenden Fischproteinkonzentratration belief sich auf 6,o % vom RP.

Alle Rationen enthielten darüber hinaus 15 % Rotbarschöl als Fettanteil, 2 % Zellulose, 5,15% Mineralien incl. Spurenelemente sowie o,6 % Vitaminvormischung.

Diese Mischungen wurden durch variierende Anteile an aufgeschlossener Maisstärke auf 1oo Teile ergänzt.

Die jeweilige Zusammensetzung ergibt sich aus Tabelle 18.

Die Zubereitung der fütterungsfertigen Rationen erfolgte derart, daß der entsprechende Gelatineanteil von jeweils 5oo g einer Futtermischung in 1 l kaltem Aqua dest. gelöst wurde. Diese Lösung wurde daraufhin im Wasserbad auf ca. 8o °C erwärmt. Sodann wurden unter Rühren die restlichen Komponenten der Futtermischung, d. h. 45o g der Futtermischung ohne Gelatine, eingegeben und so lange verrührt, bis die Temperatur der Masse auf ca. 4o °C abgesunken war. Diese Mischung wurde dann für 24 Stunden in den Kühlschrank (4 °C) gestellt und am nächsten Tag in etwa 2x2x1o cm große Stücke geschnitten, die dann leicht angefroren wurden. Diese wurden sodann durch einen Fleischwolf gedreht, dessen Einsatz so bemessen war, daß die Futtermasse in ca. 5 mm starke Stränge gepreßt wurde, die dann nach nochmaligem leichten Einfrieren auf eine Länge von ca. 1/2 bis 1 cm zerkleinert wurden und bis zum Futtereinwiegen in der Tiefkühltruhe aufbewahrt wurden.

Ration (5) wurde direkt nach dem Zubereiten im Wasserbad mittels 32 %iger NaOH-Lauge auf einen pH-Wert von ca. 7,o eingestellt.

Die hier oben beschriebene Zubereitung lehnt sich eng an das von HALVER (197o) angegebene Verfahren an.

Tabelle 18 RATIONSZUSAMMENSETZUNG (%) - VERSUCH I -

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)[4]	(6)	(7)	(8)	(9)
FPC	3o,oo	-	-	-	-	-	-	-	-
Casein	-	25,oo	2o,oo	15,oo	15,oo	-	25,oo	2o,oo	15,oo
AS m. Lys[1]	-	5,869	11,738	17,6o5	17,6o5	35,21	-	-	-
AS o. Lys[1]	-	-	-	-	1)	-	5,545	11,o88	16,63
Gelatine	1o,oo	1o,oo	1o,oo	1o,oo	1o,oo	1o,oo	1o,oo	1o,oo	1o,oo
Rotbarschöl	15,o	15,o	15,o	15,o	15,o	15,o	15,o	15,o	15,o
Zellulose	2,o	2,o	2,o	2,o	2,o	2,o	2,o	2,o	2,o
Flocculante	37,25	36,381	35,512	34,645	34,645	32,o4	36,7o5	36,162	35,62
Spurenelement-vormischg.[2]	o,15	o,15	o,15	o,15	o,15	o,15	o,15	o,15	o,15
Vitaminvor-mischg.[3]	o,6	o,6	o,6	o,6	o,6	o,6	o,6	o,6	o,6
KCL	o,25	o,25	o,25	o,25	o,25	o,25	o,25	o,25	o,25
$CaHPO_4 x2\ H_2O$	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
$NaH_2PO_4 x\ H_2O$	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
KH_2PO_4	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Ca^cCO_3	o,8	o,8	o,8	o,8	o,8	o,8	o,8	o,8	o,8
Mg O	o,1	o,1	o,1	o,1	o,1	o,1	o,1	o,1	o,1
gesamt	1oo	1oo	1oo	1oo	1oo	1oo	1oo	1oo	1oo
Wasser	2oo	2oo	2oo	2oo	2oo	2oo	2oo	2oo	2oo
gesamte fütte-rungsfertige Diät	3oo	3oo	3oo	3oo	3oo	3oo	3oo	3oo	3oo
RP gesamt	34,oo	34,16	34,34	34,5o	34,5o	35,oo	33,85	33,71	33,56
Lysin % v.RP	6,o	7,1	6,7	6,4	6,4	5,5	6,3	5,3	4,3

1) Über die Zusammensetzung der AS-Mischung informiert Tabelle 19

2) Über die Zusammensetzung der Spurenelementvormischung orientiert Tab. 2o

3) Über die Zusammensetzung der Vitaminvormischung unterrichtet Tabelle 21

4) Mit 6 ml 32 %iger NaOH-Lauge auf pH7 neutralisiert

Tabelle 19 ZUSAMMENSETZUNG DER AS-MISCHUNGEN (g)
- VERSUCH I -

	AS m. Lys.	AS o. Lys.
L Arginin HCl	2,24	2,24
L Histidin HCl H_2O	o,78	o,78
L Lysin HCl	1,95	-
L Tyrosin	1,oo	1,oo
L Phenylalanin	1,18	1,18
DL Methionin	o,86	o,86
L Cystin	o,56	o,56
L Tryptophan	o,27	o,27
L Threonin	1,o6	1,o6
L Leucin	2,oo	2,oo
L Isoleucin	1,18	1,18
L Valin	1,2o	1,2o
Glycin	2,25	2,25
L Glutaminsäure	16,24	16,24
L Prolin	1,44	1,44
NaH CO_3	1,oo	1,oo
gesamt	35,21	33,26

Tabelle 2o SPURENELEMENTVORMISCHUNG

enthält in 1,5 g (= pro kg Futter-TS)

Fe (aus Eisenfumarat)	15o mg
Zn (aus Zinkacetat x2 H_2O)	12o mg
Mn (aus Mangansulfat xH_2O)	12o mg
Cu (aus Kupferacetat xH_2O)	18 mg
J (aus Kaliumjodid)	3,75 mg
Co (aus Cobaltsulfatx7H_2O)	1,5 mg
Se (aus Natriumselenit x 5 H_2O)	o,75 mg
F (aus Natriumfluorit)	7,5 mg
Mg (aus Magnesiumoxid	1o5 mg

Tabelle 21 VITAMINVORMISCHUNG

(auf Sojafeinmehl, alle Angaben pro kg Futter-TS)

Retinol	9,o	mg
Cholecalciferol	66	mcg
α-DL-Tocopherolacetat	72	mg
Menadion	2,4	mg
Thiamin	1o,8	mg
Riboflavin	14,4	mg
Pyridoxin	6,o	mg
Cobalamin	6o	mcg
Biotin	18o	mcg
Folsäure	36o	mcg
Ca-Pantothenat	36	mg
Nicotinsäure	1o8	mg
Cholin	9oo	mg
Askorbinsäure	18o	mg

Bezügliche Angaben zu den komplexen Proteinträgern FPC, Casein und Gelatine finden sich in den Tabellen 22, 23 bzw. 24.

Tabelle 22 PRODUKTSPEZIFIKATION: FPC

'ANOREL^{R}' (C T P P Boulogne)

Lösliches Fischproteinkonzentrat, sprühgetrocknet

Wasserlöslichkeit	min 8o %
Proteinverdaulichkeit	min 95 %
Rohprotein	min 82 %
Fett	max 3,5 %
Wasser	max 5 %

AS in % v. RP (Herstellerangaben)

Methionin	2,4
Cystin	o,9
Lysin	6,7
Threonin	3,3
Valin	4,1
Isoleucin	3,2
Leucin	6,4
Phenylalanin	3,3
Tyrosin	2,6
Arginin	6,3
Histidin	2,1
Asparaginsäure	9,1
Glutaminsäure	14,4
Serin	4,3
Glycin	1o,4
Prolin	6,o
Alanin	6,7
Tryptophan	o,7 - 1,o

Tabelle 23 PRODUKTSPEZIFIKATION: CASEIN

Produktbezeichnung	Labkasein Edible Sprüh
Art.-Nr.	5725
Hersteller	Meggle Milchindustrie GmbH & Co KG
Wasser	6 - 8 %
Protein (Kjeldahl f=6,38)	88 - 91 % i.T.
Fett (HCl-Aufschl. + Extrakt.)	max 1 %
Asche (850°C)	mind. 7,5 %
AS in % v. RP (Herstellerangaben)	
Asparaginsäure	7,5
Threonin	4,o
Serin	6,o
Glutaminsäure	24,77
Prolin	1o,46
Glycin	2,o
Alanin	3,16
Cystin	o,32
Valin	6,84
Methionin	2,8o
Isoleucin	5,32
Leucin	1o,39
Tyrosin	6,46
Phenylalanin	5,85
Lysin	8,63
Histidin	3,27
Arginin	3,98
NH_3	2,o4

Tabelle 24 PRODUKTSPEZIFIKATION: GELATINE

Gelatine gepulvert, technische Qualität, Fa. Merck	
AS in % v. RP (Herstellerangaben)	
Methionin	o,8
Cystin	o,11
Lysin	3,9
Tryptophan	o,o
Threonin	1,8
Valin	2,2
Isoleucin	1,6
Leucin	3,o
Phenylalanin	1,9
Tyrosin	
Arginin	7,2
Histidin	o,7
Asparaginsäure	6,o
Glutaminsäure	9,7
Serin	3,2
Glycin	23,7
Alanin	9,9
Prolin	15,o

Versuch II:

Da in Versuch I die Kontrollration durch nachteilige physikalische Eigenschaften, insbesondere schnelles Auflösen im Wasser, sich nicht bewährt hatte, wurde in Versuch II nochmals der Vergleich einer synthetischen und einer gereinigten halbsynthetischen Futterration, diesmal jedoch auf Pelletbasis, geplant. In Versuch II A wurden N-äquivalente Mischungen auf der Basis von Casein- und AS-Mischungen (Ration (1)) im Verhältnis 1:1 mit einer reinen AS-Mischung (Ration (3)) verglichen. Zur Erhöhung des Rohproteinanteils diente in

diesen Gruppen ein 1o %iger Gelatineanteil, so daß sich in diesen Vergleichsrationen ein Rohproteinwert von insgesamt ca. 34 % ergab.

Verschiedene Lysin-Gehaltsstufen wurden sowohl bei 34 % Rohprotein (mit 1o % Gelatine, Ration (1) - (4)) als auch bei 26 % Rohprotein (ohne Gelatine, Ration (5) - (8)) eingerichtet. Der Verlust an Rohprotein durch geringere Lysinmengen wurde N-äquivalent durch einen höheren Glutaminsäuregehalt ausgeglichen. Dabei ergaben sich in den Gruppen mit 34 % Rohprotein Lysinabstufungen von 6,4; 4,1; 5,5; 1,o (Ration (1) - (4)) Prozent vom Rohprotein und in der Rohproteingehaltstufe von 26 % 6,o% bei Ration (5); o,o % bei Ration (6); 3,o % bei Ration (7) und 4,5 % bei Ration (8).
Die Zusammensetzung der Rationen (1) - (8) ist in Tabelle 25 angegeben.

In Versuch II B wurden 2 Rationen auf Casein- und Gelatinebasis, jedoch mit unterschiedlichen Fettquellen, einer Kontrollration aus Fischproteinkonzentrat gegenübergestellt (Ration (1o)). Dabei diente einmal Fischöl (Ration (11)), zum anderen Sonnenblumenöl (Ration (12)) als Fettquelle. Alle drei Rationen waren auf 34 % Rohprotein eingestellt. Zusätzlich wurde der Ration (1o) eine Ration mit FPC gegenübergestellt, die jedoch durch fehlenden Gelatineanteil statt 34 % nur 25 % Rohprotein aufwies.

Die Zusammensetzung der Rationen (9) bis (12) wird in Tabelle 26 angegeben.

Tabelle 25 RATIONSZUSAMMENSETZUNG (%) - VERSUCH II A -

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Casein	15,00	15,00	-	-	-	-	-	-
AS o. Lys [1]	16,63	16,63	33,26	33,26	33,26	33,26	33,26	33,26
L Lysin HCl	o,975	-	1,95	-	1,95	-	o,975	1,463
L Glu-sre	-	1,568	-	3,136	-	3,136	1,568	o,784
Gelatine	1o,oo	1o,oo	1o,oo	1o,oo	-	-	-	-
Rotbarschöl	15,o	15,o	15,o	15,o	15,o	15,o	15,o	15,o
Zellulose	2,o	2,o	2,o	2,o	2,o	2,o	2,o	2,o
Flocculante	34,495	33,9o2	31,89	3o,7o4	41,89	4o,7o4	41,297	41,593
Spurenelement-vormischg. [2]	o,15	o,15	o,15	o,15	o,15	o,15	o,15	o,15
Vitaminvor-mischg. [3]	o,6	o,6	o,6	o,6	o,6	o,6	o,6	o,6
KCl	o,25	o,25	o,25	o,25	o,25	o,25	o,25	o,25
$CaHPO_4x2\ H_2O$	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
$NaH_2PO_4x\ H_2O$	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
KH_2PO_4	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
$CaCO_3$	o,65	o,65	o,65	o,65	o,65	o,65	o,65	o,65
MgO	o,1	o,1	o,1	o,1	o,1	o,1	o,1	o,1
Luprosil [4]	o,3	o,3	o,3	o,3	o,3	o,3	o,3	o,3
gesamt	1oo	1oo	1oo	1oo	1oo	1oo	1oo	1oo
RP gesamt	34,5	34,5	35,o	35,o	26,o	26,o	26,o	26,o
Lysin % v. RP	6,4	4,1	5,5	1,o	6,o	o,o	3,o	4,5

1) Über die Zusammensetzung der AS-Mischung informiert Tabelle 19

2) Über die Zusammensetzung der Spurenelementvormischung orientiert Tabelle 2o

3) Über die Zusammensetzung der Vitaminvormischung unterrichtet Tabelle 21

4) Luprosil: Ca-Propionat der BASF, Ludwigshafen

Pelletgröße 1,5 mm

Tabelle 26 RATIONSZUSAMMENSETZUNG (%) - VERSUCH II B -

Code Nr.	(9)	(1o)	(11)	(12)
FPC	3o,oo	3o,oo	-	-
Casein	-	-	3o,oo	3o,oo
Gelatine	-	1o,oo	1o,oo	1o,oo
Rotbarschöl	15,o	15,o	15,o	-
Sonnenblumenöl	-	-	-	15,o
Zellulose	2,o	2,o	2,o	2,o
Flocculante	47,1o	37,1o	37,1o	37,1o
Spurenelement-vormischg.[1]	o,15	o,15	o,15	o,15
Vitaminvor-mischg.[2]	o,6	o,6	o,6	o,6
KCl	o,25	o,25	o,25	o,25
$CaHPO_4x2\ H_2O$	1,65	1,65	1,65	1,65
$NaH_2PO_4x\ H_2O$	1,1	1,1	1,1	1,1
KH_2PO_4	1,1	1,1	1,1	1,1
$CaCO_3$	o,65	o,65	o,65	o,65
MgO	o,1	o,1	o,1	o,1
Luprosil[3]	o,3	o,3	o,3	o,3
gesamt	1oo	1oo	1oo	1oo
RP gesamt	25,o	34,o	34,o	34,o
Lysin % v. RP	6,7	6,o	7,4	7,4

1) Über die Zusammensetzung der Spurenelementvormischung orientiert Tabelle 2o

2) Über die Zusammensetzung der Vitaminvormischung unterrichtet Tabelle 21

3) Luprosil: Ca-Propionat der BASF, Ludwigshafen

Pelletgröße 1,5 mm

Versuch III:

In Versuch III wurden nur Rationen mit kristallinen Aminosäuren als Rohproteinträger eingesetzt. Dabei wurden zwei Basisaminosäuremischungen einander gegenübergestellt: die in den vorangegangenen Versuchen verwendete sowie eine Rezeptur, deren Gehalte an Methionin und Cystin, Valin, Phenylalanin, Arginin und Leucin eine leichte Abwandlung erfahren hatten. Die unterschiedliche Zusammensetzung beider Mischungen geht aus Tabelle 27 hervor.

Auf der Basis der neu korrigierten Aminosäuremischung wurden abschließend in insgesamt 4 Rationen noch einmal verschiedene Lysinkonzentrationen miteinander verglichen. Über die Zusammensetzung orientiert Tabelle 28.

Tabelle 27 RATIONSZUSAMMENSETZUNG (%) - VERSUCH III -

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
AS alt o. Lys[1)]	33,26	-	-	-	-
AS neu o. Lys[1)]	-	33,82	33,82	33,82	33,82
L Lysin HCl	1,95	1,95	1,625	1,463	1,3o
L Glu-sre.	-	-	o,523	o,784	1,o45
Rotbarschöl	15,o	15,o	15,o	15,o	15,o
Zellulose	2,o	2,o	2,o	2,o	2,o
Flocculante	41,89	41,33	41,132	41,o33	4o,935
Spurenelement-vormischg.[2)]	o,15	o,15	o,15	o,15	o,15
Vitaminvor-mischg.[3)]	o,6	o,6	o,6	o,6	o,6
KCl	o,25	o,25	o,25	o,25	o,25
$CaHPO_4x2\ H_2O$	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
$NaH_2PO_4x\ H_2O$	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
KH_2PO_4	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
$CaCO_3$	o,65	o,65	o,65	o,65	o,65
MgO	o,1	o,1	o,1	o,1	o,1
Luprosil[4)]	o,3	o,3	o,3	o,3	o,3
gesamt	1oo	1oo	1oo	1oo	1oo
RP gesamt	26,o	26,o	26,o	26,o	26,o
Lysin % v. RP	6,o	6,o	5,o	4,5	4,o

1) Zusammensetzung der AS-Mischung siehe Tabelle 28

2) Zusammensetzung der Spurenelementvormischung siehe Tabelle 2o

3) Zusammensetzung der Vitaminvormischung siehe Tabelle 21

4) Luprosil: Ca-Propionat der BASF, Ludwigshafen

Pelletgröße 1,5 mm

Tabelle 28 AMINOSÄUREZUSAMMENSETZUNG - VERSUCH III -

	AS alt o. Lys.		AS neu o. Lys.	
	g	% v. RP[1]	g	% v. RP[1]
xx L Arginin HCl	2,24	7,12	1,89	6,00
L Histidin HCl H_2O	0,78	2,22	0,78	2,22
L Lysin HCl	-	-	-	-
L Tyrosin	1,00	3,85	1,00	3,85
xx L Phenylalanin	1,18	4,54	1,46	5,60
xxDL Methionin	0,86	3,30	0,75	2,90
xx L Cystin	0,56	2,15	0,29	1,10
L Tryptophan	0,27	1,04	0,27	1,04
L Threonin	1,06	4,08	1,06	4,08
xx L Leucin	2,00	7,69	2,44	9,40
L Iso-Leucin	1,18	4,54	1,18	4,54
xx L Valin	1,20	4,62	1,56	6,00
Glycin	2,25		2,25	
L Glutaminsäure	16,24		16,45	
L Prolin	1,44		1,44	
NaH CO_3	1,00		1,00	
gesamt	33,26		33,82	

1) Die Angabe % RP bezieht sich auf einen Gesamtrohproteingehalt von 26 %.

xx) Änderungen in der Konzentration durch Neuformulierung.

3.1.4.2. Futterzuteilung

Die Futterzuteilung erfolgte individuell für jedes Becken anhand der letzten zurückliegenden Wiegung der Fische. Sie betrug 1,5 % Futtertrockensubstanz täglich von der Lebendmasse. Die Futterzuteilung erfolgte zweimal pro Tag, wobei die Vormittagsfütterung zwischen o9.oo Uhr und 1o.oo Uhr stattfand, die Nachmittagsfütterung zwischen 15.oo Uhr und 16.oo Uhr (Ausnahme: an den Wiegetagen, an denen nicht gefüttert wurde). Es wurde dabei jeweils versucht, die Fütterungsdauer dem Freßverhalten anzupassen, d. h. bei geringem Appetit durch sehr langsames Füttern eine relativ vollständige Futteraufnahme zu erreichen. Änderungen der täglichen Futtermenge ergaben sich bei Fischverlusten oder bei auffälliger Verzehrsdepression. Im ersten Fall wurde die Futtermenge prozentual gleichbleibend auf die Lebendmasse der neuen Tierzahl umgerechnet. Im zweiten Fall dagegen wurde, sobald eine Verzehrsdepression subjektiv zu beobachten war, abgewartet bis zum nächsten Wiegetermin, worauf dann für die gesamte Gruppe das Fütterungsniveau reduziert wurde.

Versuch I:

Abweichend von den bisherigen allgemeinen Ausführungen erhielten die Tiere, da sie von Glasaquarien mit Frischwasserversorgung in PVC-Behälter mit Kreislaufwasser umgesetzt wurden, für eine Umgewöhnungszeit von 2 Wochen (= Vorperiode) ein pelletiertes (1,5 mm) fischproteinkonzentrathaltiges Kontrollfutter in einer Tagesmenge von 1 % in Trockensubstanz (9o,9 %), bezogen auf die Lebendmasse. Die Fütterungsdauer betrug 13 Tage, am

Wiegetag wurde nicht gefüttert. Das im Hauptversuch verfütterte, mit Gelatine zubereitete und eingefrorene Futter wurde mindestens 24 Stunden vor der Fütterung im Kühlschrank bei Temperaturen von 4°C aufbewahrt.

Im Hauptversuch wurde zunächst mit 1,5 % Trockensubstanz, bezogen auf die Lebendmasse, gefüttert, mit Ausnahme des Wiegetages sowie des ersten darauffolgenden Tages, da die Fische das gelatinierte Futter nur sehr widerwillig annahmen. Da diese Verzehrsdepression den ganzen Versuch über anhielt, wurde die Futtermenge am 14. Tag des Hauptversuches auf 1,2 % gesenkt, was bis Versuchsende beibehalten wurde.

Nach Versuchsende wurden am Tag vor der Blutentnahme wieder 1,2 % der Lebendmasse gefüttert, am Tag der Blutentnahme selbst nur die halbe Ration (d. h. o,6 %). Tabelle 29 informiert nochmals über das Fütterungsniveau des ersten Versuches.

Tabelle 29 FÜTTERUNGSNIVEAU - VERSUCH I -

Tag		Fütterungsmenge/Tag in TS
1.	= Wiegetag	-
2. -14.	= Vorperiode	1 % von LM Kontrollfutter
15.	= Wiegetag + 16.	-
17.-28.	= Hauptperiode	1,5 % von LM Versuchsfutter
29.-35.	= Hauptperiode	1,2 % von LM Versuchsfutter
36.	= Wiegetag + 37.	-
38.-56.	= Hauptperiode	1,2 % von LM Versuchsfutter
57.	= Endwiegung+58.	-
59.		1,2 % von LM Versuchsfutter
6o.	= Blutentnahme	o,6 % von LM Versuchsfutter

Versuch II und III:

In beiden Versuchen wurde pelletiertes Futter verwendet.

Das Futter wurde nach Wiegung der Fische und jeweiliger Neuberechnung der Trockensubstanz immer für die nächsten 13 Tage bis zur nächsten Wiegung eingewogen, um Schwankungen im Trockensubstanzgehalt soweit wie möglich zu berücksichtigen. Die Pellets wurden zudem vor dem Einwiegen gesiebt, um Staubpartikel, die von den Fischen nicht aufgenommen werden und ansonsten nur zur Wasserverunreinigung führen, nicht mitzuwiegen. Darüber hinaus wurde das Futter im letzten Versuch, der in den warmen Sommermonaten ablief, vorsichtshalber im Kühlschrank gelagert und die jeweilige Ration eines Tages am Vorabend herausgenommen, um das Futter mit Raumtemperatur verfüttern zu können.

Insbesondere in Versuch II kam es bei den absoluten Lysinmangelgruppen zu erheblichen Verzehrsdepressionen (Ration (4) und (6)), wobei nach einigen Tagen mit Rückwiegen ab der 7. Versuchswoche bis zur 8. Versuchswoche die Futtermenge auf 1 % TS/LM und Tag bzw. von der 9. bis zur 14. Versuchswoche bis auf o,4 % TS/LM und Tag reduziert wurde (bei Gruppe 4 konnte in den letzten beiden Versuchswochen wieder auf o,6 % erhöht werden).

In Versuch II wurde nach 8 Wochen ein Becken der Ration (6) (0 % Lysin in RP) auf Futter der Ration (5) mit 6 % Lysin umgestellt (1,2 % TS/LM und Tag), um die Reversibilität eines längeren Lysinmangels zu überprüfen. Bei den restlichen Versuchsgruppen zeigte sich ab der 9. Versuchswoche ebenfalls eine langsam ansteigende Futterverzehrsdepression, so daß jetzt bei allen Gruppen das Fütterungsniveau auf 1,2 % TS/LM und Tag gesenkt wurde. Eine Übersicht darüber soll Tabelle 3o vermitteln.

Tabelle 3o FÜTTERUNGSNIVEAU - VERSUCH II -

Woche	Futtermenge i. % von LM pro Tag (TS)
1. - 8. (ohne Wiegetag)	1,5 %
9. - 14. (ohne Wiegetag)	1,2 %
davon abweichend:	
Code (4):	
1. + 2. (ohne Wiegetag)	1,5 %
3. + 4. (ohne Wiegetag)	1,4 %
5. + 6. (ohne Wiegetag)	o,85 %
7. + 8. (ohne Wiegetag)	1,o %
9. - 12. (ohne Wiegetag)	o,4 %
13. + 14. (ohne Wiegetag)	o,6 %
Code (6):	
1. + 2. (ohne Wiegetag)	1,5 %
3. + 4. (ohne Wiegetag)	1,o %
5. + 6. (ohne Wiegetag)	o,68 %
7. + 8. (ohne Wiegetag)	1,o %
9. - 14. (ohne Wiegetag)	o,4 %

In Versuch III konnte das angestrebte Fütterungsniveau von 1,5 % TS/LM und Tag über die gesamte Versuchsdauer beibehalten werden.

3.1.5. Versuchsdurchführung

Zu Versuchsbeginn wurde in allen Becken eine gleiche Anzahl von Forellen eingesetzt, die mittlere Lebendmasse des jeweiligen Beckenbesatzes wurde annähernd gleich gehalten. Eine Beschreibung des Verfahrens der gewichtsgleichen Einteilung von Forellen sowie

die Verteilung der Rationen im Raum findet sich bei KÜCHLE (1981).

Am Ende eines Versuches wurde dann nach der letzten Wiegung den Fischen noch einen Tag eine volle Ration Futter zugeteilt, am nächsten Tag dann, in bestimmten Zeitabständen nach der Fütterung einer halben Tagesration, wurde Blut zur Bestimmung der freien Aminosäuren im Blutplasma entnommen.

3.1.5.1. Versuch I

Da der Versuch in der Kreislaufanlage stattfand, die Fische aber zuvor in Glasaquarien gehalten worden waren, wurde dem sechswöchigen Hauptversuch eine zweiwöchige Vorperiode zur Umgewöhnung der Tiere vorgeschaltet. In insgesamt 48 Becken wurden je 5 Fische mit einem mittleren Stückgewicht von 1oo Gramm eingewogen. Sie erhielten in dieser Zeit pelletiertes Kontrollfutter (1 % Trockensubstanz von der Lebendmasse pro Tag). Zu Beginn des Hauptversuches wurden erneut gewichtsgleiche Gruppen zu je 5 Tieren/Becken gebildet und auf die Rationen verteilt, so daß in insgesamt 45 Becken 5 Fische mit durchschnittlich 112,8 Gramm gehalten wurden. Über die Verteilung der Rationsgruppen im Raum unterrichtet Tabelle 31.

Nachdem die Tiere am Wiegetag und am Tag nach der Wiegung kein Futter erhielten, wurden sie 19 Tage lang bis zur 1. Zwischenwiegung mit Versuchsfutter gefüttert, wobei die Rationszumessung wegen relativ schlechter

Aufnahme bereits nach 12 Tagen Fütterung von den vorgesehenen 1,5 % auf 1,2 % der Lebendmasse reduziert wurde.

Tabelle 31 VERTEILUNG DER RATIONSGRUPPEN IM RAUM - VERSUCH I -

nach tabellarischen Zufallszahlen[1)]

Aquarien-Nr.	Ration	Aquarien-Nr.	Ration
1	(4)	6	(2)
2	(5)	7	(9)
3	(1)	8	(7)
4	(6)	9	(9)
5	(3)	1o	(7)
11	(1)	16	(4)
12	(9)	17	(8)
13	(1)	18	(6)
14	(7)	19	(3)
15	(6)	2o	(8)
21	(8)	26	(4)
22	(6)	27	(3)
23	(2)	28	(7)
24	(6)	29	(5)
25	(5)	3o	(3)
31	(2)	36	(3)
32	(5)	37	(7)
33	(1)	38	(2)
34	(2)	39	(4)
35	(8)	4o	(5)
41	(1)		
42	(9)		
43	(4)		
44	(9)		
45	(8)		

1) SACHS, L., 197o

Die Zwischenwiegung fand dann 3 Wochen nach Beginn des Hauptversuches statt, auf deren Ergebnis hin die Futtermenge, wiederum auf 1,2 % bezogen, erneut festgesetzt wurde. Drei Wochen später, d. h. nach weiteren 19 Tagen Fütterung, wurde die Endwiegung durchgeführt. 3 Tage später wurden 3 Stunden nach der Fütterung von jeder Ration Blutproben genommen. Von der Kontrollration wurden zusätzlich jeweils zwei Blutproben (à 2 Tiere) in Abständen von 3o, 6o, 12o und 36o Minuten nach Fütterung genommen. Die Blutentnahme fand dabei nach der vom Fischgesundheitsdienst Grub empfohlenen Weise statt. Mit einer heparinisierten Kanüle wurde das Blut aus der caudalen Vene entzogen. Dabei wird seitlich in die Seitenlinie in Höhe des Afters senkrecht bis knapp unterhalb der Wirbelsäule eingestochen.

3.1.5.2. Versuch II

Dieser Versuch wurde ohne Vorperiode durchgeführt. Es wurden in 2o Glasaquarien (Versuch II A) und 12 Rundbecken (Versuch II B) annähernd gewichtsgleich je 25 Fische eingewogen, wobei sich ein mittleres Stückgewicht von 11,7 g ergab.
Die Verteilung der Rationsgruppen sind den Tabellen 32 und 33 zu entnehmen.

Während des Versuches fanden alle 2 Wochen Zwischenwiegungen statt. An den Wiegetagen selbst wurde nicht gefüttert. Daraus resultieren bei insgesamt 99 Tagen Versuchsdauer 91 Fütterungstage.

Dabei wurde in einem Becken der absoluten Lysinmangeldiät nach 3 Wochen Versuchsdauer auf eine Diät mit 6,o % Lysin vom Rohprotein umgestellt, da bei dieser Gruppe

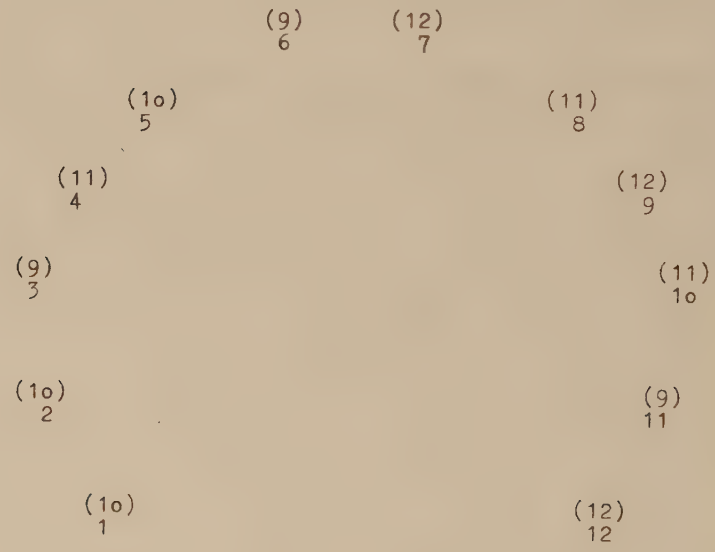
einerseits durch hohe Mortalität angenommen werden mußte, daß die Tiere bis zum Versuchsende nicht überleben würden. Andererseits sollte beobachtet werden, inwieweit Tiere, die sich durch einen Lysinmangel in einem kritischen Gesundheitszustand befinden, sich bei Futterumstellung wieder erholen würden.

Nach Ende des eigentlichen Fütterungsversuches wurde auch diesen Tieren am nächsten Tag nach der Endwiegung zwei Stunden nach Fütterung einer halben Tagesration Blut entnommen. Da es sich hierbei um sehr kleine Fische handelte, konnte dies nur durch Abschneiden des Schwanzes in Höhe des Afters geschehen, nachdem die Tiere durch einen Schlag auf den Kopf betäubt worden waren. Weiterhin wurde, da sich in der Mitte des Versuches bei allen Gruppen mit Ausnahme der FPC - Rationen eine plötzliche Verzehrsdepression eingestellt hatte, nach dem Öffnen der Leibeshöhle eine makroskopische Adspektion und Beurteilung der Organe, insbesondere jedoch der Lebern, vorgenommen, von denen einige Exemplare an das zoologische Institut in München zur histologischen Untersuchung gegeben wurden.

Tabelle 32 VERTEILUNG DER RATIONSGRUPPEN IM RAUM
- VERSUCH II A -
nach tabellarischen Zufallszahlen[1)]

Aquarien-Nr.	Ration	Aquarien-Nr.	Ration
1	(4)	6	(2)
2	(5)	7	(8)
3	(1)	8	(6)
4	(5)	9	(8)
5	(3)	1o	(6)
11	(1)	16	(4)
12	(8)	17	(7)
13	(2)	18	(6)
14	(7)	19	(3)
15	(5)	2o	(7)

Tabelle 33 VERTEILUNG DER RATIONSGRUPPEN IM RAUM
- VERSUCH II B -
nach tabellarischen Zufallszahlen[1)]



3.1.5.3. Versuch III

Im Sinne einer Vorperiode zu Versuch III wurden die zur Verfügung stehenden Fische 8 Tage lang nicht gefüttert. Von diesen Tieren wurden dann zu Beginn des eigentlichen Versuches je 25 Fische in je 1o Glasaquarien weitgehend gewichtsgleich eingewogen. Damit ergab sich ein mittleres Fischgewicht von 23,8 Gramm. Da pro Ration nur 2 Becken (Wiederholungen) zur Verfügung standen und es sich beim

1) SACHS, L., 197o

vorhergehenden Versuch gezeigt hatte, daß bei den Glasaquarien, die direkt am Beginn einer Reihe in der Nähe des Durchganges durch die Fischhalle lagen, teilweise innerhalb derselben Futterration eine schlechtere Gewichtszunahme zu erwarten war, wurde bei diesem Versuch bewußt darauf verzichtet, die Beckenverteilung im Raum durch Zufallszahlen festzulegen. Stattdessen wurden die Becken so verteilt, daß pro Ration mindestens ein Becken in der Mitte der Anlage angeordnet war.

Die Verteilung der Rationsgruppen im Raum ist Tabelle 34 zu entnehmen.

Die Dauer des eigentlichen Fütterungsversuches betrug 8 Wochen, von denen insgesamt an 52 Tagen gefüttert wurde.

Die Blutentnahme wurde am 2. Tag nach der Endwiegung vorgenommen, nachdem die Tiere am Tag zuvor eine volle Rationszuteilung erhalten hatten. Der Zeitpunkt wurde dabei auf 2 Stunden nach Fütterung der halben Tagesration festgesetzt. Die Blutentnahme erfolgte wie in Versuch II beschrieben.

Darüber hinaus wurden nach Eröffnen der Leibeshöhle die Fischlebern makroskopisch beurteilt. Zusätzlich wurden von jeweils 1o Fischen von 3 ausgewählten Rationsgruppen die Lebern herauspräpariert und je eine Hälfte in Alkohol, die andere in Formalin eingelegt und an das zoologische Institut zur histologischen Untersuchung übergeben.

Tabelle 34 VERTEILUNG DER RATIONSGRUPPEN IM RAUM - VERSUCH III -

Aquarien-Nr.	Ration	Aquarien-Nr.	Ration
1	(3)	6	(1)
2	(5)	7	(4)
3	(1)	8	(3)
4	(2)	9	(5)
5	(4)	1o	(2)

3.1.6. Versuchsauswertung

Die Versuchsauswertung bezieht sich vor allem auf Meßergebnisse von Zunahmen, Futterverzehr und Futterverwertung in weitgehender Anlehnung an die von einer internationalen Arbeitsgruppe (CASTELL und TIEWS, 1980) vorgeschlagenen Methoden. Weitere Versuchsparameter waren die Aminosäurekonzentrationen im Blutplasma und die durch die Fütterung hervorgerufenen auffälligen Leberveränderungen. Den ermittelten Daten über Wachstum, Futterverzehr und den daraus resultierenden Verwertungen liegen immer die Gewichtsdaten des gesamten Fischbesatzes eines Beckens zugrunde.

Einer gesonderten Erläuterung bedarf die Handhabung der Korrektur der Berechnungen bei Fischverlusten. Sofern es möglich war, wurde immer versucht, diese Korrekturen zu den Wiegeabschnitten durchzuführen. Fische, bei denen ein Verenden vorauszusehen war, z. B. durch Verpilzung, Schwimmen in Rückenlage u.ä., wurden bereits am Wiegetag entfernt. Starben jedoch Fische zeitlich zwischen den Zwischenwiegungen, so wurde in der Regel davon ausgegangen, daß ein verendeter Fisch bis zum letzten Tag dieselben Zunahmen und denselben Futterverzehr aufwies wie der Durchschnitt des gesamten Beckens, wobei das Fischgewicht nach Abzug des errechneten Zuwachses vom Gesamtgewicht des Beckens zum Zeitpunkt der letzten Zwischenwiegung abgezogen wurde. Die weiteren Zunahmen bei den folgenden Wiegungen wurden dann jeweils aufgrund dieser beiden Gesamtgewichte, einmal mit und einmal ohne toten Fisch, hochgerechnet, um dann anhand dieser korrigierten Werte die verschiedenen Versuchskriterien, wie Futterverzehr, Futterverwertung, Wachstum und Zunahme, zu errechnen.

Davon abweichend wurde bei der Korrektur durch verendete Fische im Versuch I davon ausgegangen, daß eine gleichmäßige Gewichtszunahme von den kranken Tieren in keiner Weise angenommen werden durfte. Deshalb wurde bei Verenden eines dieser Tiere der Restbesatz des Beckens gewogen, und, je nachdem ob der Fisch am Anfang oder gegen Ende einer Versuchsperiode verendet war, zusammen mit dem Wert der nächsten oder der vorangegangenen Wiegung die Zunahmen für die verbleibenden Versuchstage bestimmt und auf den gesamten Versuchsabschnitt und Beckenbesatz umgerechnet.

Die Wiegegenauigkeit belief sich bei Wiegung des gesamten Beckenbesatzes auf o,1 g.

3.1.6.1. Wachstum

Lebendmassezunahme

Die Werte werden zum besseren Vergleich der Wachstumsraten verschiedener Gruppen sowohl absolut (g Zunahme), als auch relativ (spezifische Wachstumsrate) angegeben.

Die spezifische Wachstumsrate errechnet sich nach folgender Formel:

$$W_t = W_o \left(1 + \frac{\alpha}{100}\right)^t$$

bzw.

$$\alpha = \left(\sqrt[t]{\frac{Wt}{Wo}} - 1\right) \times 100$$

wobei: W_t = Lebendmasse zum Zeitpunkt t
W_o = Lebendmasse zum Versuchsbeginn bzw. zum Tag der vorletzten Zwischenwiegung
t = Zeit in Tagen (Versuchstagen von o - t)
α = spezifische Wachstumsrate

3.1.6.2. Futterverzehr

Die Angabe des Futterverzehrs erfolgt in Gramm Trockensubstanz pro Fisch über einen bestimmten Zeitraum.

3.1.6.3. Futterverwertung

Die Angabe der FVW erfolgt in Gramm Körpergewichtszunahme pro aufgenommenes Kilogramm Futter in Trockensubstanz.

$$\text{Def.: FVW} = \frac{\text{Gewichtszunahme(g)(über einen bestimmten Zeitraum)}}{\text{Futteraufnahme in TS (kg)}}$$

Die Futteraufnahme wurde insbesondere deshalb auf die Trockensubstanz bezogen, da einerseits in Versuch I ein Wassergehalt bis zu 7o % durch die Zubereitung mit Gelatine bedingt war, zum anderen aber auch die Trockensubstanzwerte des pelletierten Futters von Versuch II und III Schwankungen zwischen den Rationen unterworfen waren.

3.1.6.4. Analysenmethoden zur Bestimmung der AS im Blutplasma

Das heparinisierte Blut wurde gleich nach der Entnahme abzentrifugiert und der Überstand sodann mit 1o %iger Sulfo-Salicylsäure im Verhältnis 1:1 vermischt, um das im Plasma enthaltene Eiweiß durch Denaturierung und Fällung abzutrennen. Der eiweißfreie Überstand wurde nach nochmaligem Abzentrifugieren abpipettiert. Das Gemisch wurde sodann bis zur Untersuchung in einer Tiefkühltruhe gelagert.

Die Bestimmung der AS erfolgte kationenchromatographisch in einem Aminosäureanalyzer der Fa. Biotronik [x].

x) Für die Durchführung der Analysen bin ich Frau Dr. B. Holstein am Institut zu besonderem Dank verpflichtet.

3.1.7. Versuchsverlauf

3.1.7.1. Versuch I

Die Futteraufnahme erfolgte eher widerwillig, die Tiere nahmen das Futter zum Teil auf, spuckten es dann wieder aus oder spielten nur damit. Kurz nach Beginn des Hauptversuches, am 2. Tag, verendete der Besatz eines Beckens, da sich vor der Regulierklemme des Schlauches für das zufließende Wasser ein kleiner Holzspan gelegt hatte. Da von der Vorperiode noch Restfische vorhanden waren, wurde das Becken neu belegt und in den Versuch eingegliedert. Bei Wiegungen, Futterneuzuteilung u.a. Bestimmungen wurde jeweils eine zweitägige Verzögerung während des ganzen Versuches beibehalten.

Ab etwa dem 1o. Tag nach Versuchsbeginn (Hauptversuch) stellten sich dann bei verschiedenen Fischen, augenscheinlich unabhängig von der Rationszugehörigkeit, Hautepitheldefekte ein, insbesondere in der Rücken- und dorsalen Schwanzregion. Dabei kam es zu erheblichen Hautverlusten. Weiterhin kam es in den folgenden Tagen bei diesen Fischen zu wattebauschähnlichen Auflagerungen an den offenen Stellen mit letalem Ausgang etwa 7 - 1o Tage nach Auftreten der ersten klinischen Symptome. Untersuchungen des Wassers und dreier im Verenden begriffener Tiere beim Fischgesundheitsdienst in Grub durch Herrn Dr. H. Dangschat[x)] ergaben folgenden Befund: im Kiemenpräparat zeigten sich im Mikroskop Hinweise einer Gasblasenkrankheit, d. h. mit Luftbläschen gefüllte Blutkapillaren, sowie eine sekundäre Verpilzung der Hautepitheldefekte. Sonstige Untersuchungen, insbesondere parasitologische, verliefen negativ.

x) An dieser Stelle möchte ich insbesondere Herrn Dr. H. Dangschat vom FGD Grub für seine Unterstützung danken.

Die Frischwasserzufuhr im Wasseraufbereitungsbecken wurde darauf um 5o % reduziert, um die Übersättigung des relativ warmen Kreislaufwassers durch den im kalten Leitungswasser relativ hohen Anteils gelösten Stickstoffes einzuschränken. Weiterhin wurde als symptomatische Therapie gegen die sekundäre Verpilzung am 6.1o.81 nach der Nachmittagsfütterung eine einmalige Behandlung mit Chlortetrazyklin über das Wasser in einer Konzentration von 2 g pro 1oo l durchgeführt. In der nachfolgenden Zeit gingen daraufhin die Verluste etwas zurück, jedoch verendeten auch weiterhin noch einzelne Tiere unter den bekannten Symptomen.

Gegen Ende des Versuches ging darüber hinaus am 18.1o.81 nochmals der Besatz eines Beckens durch O_2-Mangel infolge Verschlusses des wasserzuführenden Schlauches ein.

Die Mortalität betrug somit insgesamt 8,oo % bzw. unter Ausschluß der durch mechanische Ursachen bedingte Todesfälle 4,oo %.

Die Futteraufnahme zeigte auch während des ganzen Versuches keine wesentlich ansteigende Tendenz, so daß schließlich ab dem 12. Tag der Fütterung die Futtermenge auf 1,2 % der Lebendmasse pro Tag reduziert wurde.

Ein Versuch, durch Gefriertrocknen die Futteraufnahme zu erhöhen, scheiterte daran, daß das Futter im Wasser dadurch noch besser löslich wurde.

3.1.7.2. Versuch II

Nachdem vor Beginn von Versuch II Pelletierversuche mit dem Restfutter des Versuches I durchgeführt worden waren und diese positiv verlaufen waren, wurden alle Rationen für Versuch II pelletiert.

Die Pellets wurden von den Fischen sehr schnell akzeptiert, so daß es bereits ab Beginn des Versuches zu keinen nennenswerten Schwierigkeiten bei der Futteraufnahme kam.

Die ersten Verzehrsdepressionen traten etwa nach 2 Wochen bei den Futterrationen mit fast absolutem Lysinmangel auf (Ration (4) und (6)), so daß die Rationszuführung hier nach 6 Wochen Versuchsverlauf auf 1 % bzw. nach weiteren 2 Wochen auf o,4 % Trockensubstanz Futter/LM und Tag reduziert wurde. Lediglich eine dieser zwei Mangelrationen (Ration (4)) konnte die letzten zwei Wochen über auf o,6 % erhöht werden.

Ab der 7. Versuchswoche zeigten sich dann jedoch auch bei allen übrigen Rationsgruppen mit Ausnahme der zwei Rationsgruppen, deren Futter Fischproteinkonzentrat enthielt, Verzehrsdepressionen, die sich in üblicher Form äußerten. Ab der 9. Versuchswoche wurde die gesamte Futterzuteilung auf 1,2 % TS Futter/LM und Tag gekürzt. Zusätzlich zu dem Bild der Verzehrsdepression zeigten die Tiere auch ein gewisses apathisches Verhalten, d. h. langsame Bewegungen, geringes Ansprechen auf äußere Reize. Eine orientierende Übersicht über die Futterzuteilung und -verzehr gibt die bereits an früherer Stelle aufgeführte Tabelle 3o.

Ab der 5. Woche des Versuches traten Erkrankungen auf mit teilweise letalem Ausgang. Die Symptomatik bestand vor allem in Epithelläsionen an Schwanz- und Rückenflossen. Die Flossen 'faserten' dabei regulär auf, der Epithelüberzug über den die Flossen stützenden Gräten schwand.

Es kam dann zum Bluten an den Schwanzenden bis zum Verlust der gesamten Schwanzflosse. Ebenso folgten später auch an den übrigen Hautbereichen Epithelaufhellungen und Epithelverluste mit sekundärer Verpilzung. Nach einigen Tagen trat dann nach komatösen Schwimmbewegungen (Schwimmen in Seiten- und Rückenlage) der Exitus ein.

Ein geringer Anteil von Tieren ging auch ohne diese Symptomatik ein, nachdem sie für ca. 24 Stunden atypische Schwimmbewegungen zeigten, wie Schwimmen in Seitenlage u.ä. Es wurden daraufhin einige Fische mit Hautdefekten nach Grub zum Fischgesundheitsdienst gebracht, worauf folgender parasitologischer Befund erhoben werden konnte: hochgradiger Befall mit Ektoparasiten (Costia und Gyrodactylus).

Als Therapie wurde ein einstündiges Wasserbad mit 37 % Formaldehydlösung in einer zusätzlichen Verdünnung von 1:6000 empfohlen, die am 4.1.82 nach der Nachmittagsfütterung durchgeführt wurde und am 13.1.82 an einem Wiegetag wiederholt wurde. Diese Therapie erwies sich jedoch nicht als wirksam und es kam zu weiteren Verlusten.

Eine Gruppenzuordnung der Verluste mit Hautdefekten ergab, daß nur die Rationen mit absoluten oder fast absoluten Lysinmangel betroffen waren. Ebenso zeigten dann weitere mikroskopische Untersuchungen, daß die Hautparasiten im Schleimpräparat der Fische anderer Rationen nicht nachweisbar waren. Ebenso ergab sich, daß auch die mehr vereinzelt eingegangenen Fische, die vorher keine Hauterkrankungen aufwiesen, offenbar nur einer lysindefizitären Futterration zuzuordnen waren. Eine orientierende Auskunft über Erkrankungen und Exitus der Fische im Zusammenhang mit den Rationsgruppen soll dabei Tabelle 35 geben.

Tabelle 35 MORTALITÄT IN VERSUCH II A UND B IN DEN VERSCHIEDENEN RATIONEN

25 Fische pro Becken

Code (1) - (4): 2 Wiederholungen
Code (5) - (12): 3 Wiederholungen

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(1o)	(11)	(12)
Lysin % v. RP	6,4	4,1	5,5	1,o	6,o	o,o	3,o	4,5	6,7	6,o	7,4	7,4
1. m.Hautkrankheiten	-	-	-	28	-	45	-	-	-	-	-	-
2. andere spez. Symptome	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3. ohne spez. Symptome	-	-	3	-	-	-	5	-	-	-	1	-
4. durch Haltung bedingt	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-
gesamt (n)	-	1	3	28	-	45	5	-	1	-	2	-
gesamt (%) o. 4.	-	2	6	56	-	6o	7	-	-	-	1	-

Symptome:

zu 1.) Haut und Epithelläsionen an Schwanz- und Rückenflossenbereich, 'Auffasern' der Flossen, Verlust der Schwanzflosse, sekundäre Verpilzung

zu 2.) Rückgradverkrümmung

zu 4.) Fische sprangen nach dem Wiegen aus den Aquarien und verendeten am Boden

zu Ration (6): ab der 9. Woche wurde ein Becken auf das vollwertigere Futter der Ration (5) umgestellt, worauf keine Todesfälle mehr eintraten.

Die Gesamtmortalität betrug 1o,6 %, bei Ausschluß haltungsbedingter Todesfälle 1o,4 %.

Nachdem sich bei den Fischen, die weitgehend symptomlos verendet waren, bei einer routinemäßigen Eröffnung der Leibeshöhle immer eine mehrfach vergrößerte und gelblich-weiß verfärbte Leber gezeigt hatte, wurde zu Versuchsende nach der Blutentnahme die Leibeshöhle bei allen Fischen eröffnet um abzuklären, ob die vergrößerte Leber in direktem Zusammenhang mit dem Verenden der einzelnen Tiere stand. Dabei stellte sich jedoch heraus, daß alle Tiere, mit Ausnahme der FPC-haltigen Rationen und den (fast) absoluten Lysinmangelgruppen, diese Befunde aufwiesen. Deshalb sollten einige Lebern stichprobeweise histologisch untersucht werden (Tabelle 44). Auch sollte in Versuch III eine gezielte histologische Untersuchung der Lebern in den Versuchsplan aufgenommen werden [1].

3.1.7.3. Versuch III

Der letzte Versuch verlief weitgehend ohne Störungen. Das Futter wurde ab Versuchsbeginn sofort akzeptiert, so daß die volle Rationszuteilung von 1,5 % TS/LM und Tag über die gesamte Versuchsdauer von 8 Wochen gefüttert werden konnte. Lediglich die letzte Woche über zeigte sich eine Verzehrsdepression, die jedoch durch vorsichtiges und geduldiges Füttern weitgehend ausgeglichen werden konnte.

Zu Fischverlusten kam es erst am letzten Fütterungstag, an dem zwei Tiere zweier verschiedener Rationen ohne besondere Symptomatik eingingen.

1) Die histo-pathologischen Untersuchungen der Fischlebern in Versuch II und Versuch III erfolgten im Institut für Zoologie und Hydrobiologie der tierärztlichen Fakultät der Universität München durch Herrn Prof. R. Hoffmann.

3.2. ERGEBNISSE

3.2.1. Versuch I

Die Endergebnisse sind in Tabelle 36 zusammengefaßt. Die Zwischenergebnisse finden sich in den Anhangstabellen A 1 - A 3.

Insgesamt gesehen schnitt die Kontrollration mit FPC, das als Standard in der Fischernährung angesehen werden darf, mit einer Lebendmassezunahme von 8,7 g und einer spezifischen Wachstumsrate von o,17 bei Versuchsende relativ schlecht ab. Dies wird durch eine Futterverwertung von nur 154 (g/kg TS) noch unterstrichen. Vergleicht man dazu die Rationen (2) bis (6) mit ansteigendem Ersatz von Casein durch eine AS-Mischung (bei Ration (5) auf pH7 neutralisiert), so läßt sich dabei erkennen, daß die Ergebnisse der Caseingruppe wesentlich besser ausfallen, aber mit ansteigendem Ersatz durch synthetische AS-Mischungen wieder zu schlechteren Werten führen. So lag die Ration (2) (5 Teile Casein; 1 Teil AS-Mischung) im Bezug auf Lebendmassezunahme, spezifischer Wachstumsrate und Futterverwertung um jeweils rund 18o % über den Werten der Kontrollration.(LMZ: 24,7 g; α:o,47; FVW: 431 gLMZ/kg Futter TS).

Ration (3) und (4) (2Teile Casein zu 1 Teil Aminosäuren) schnitten nur noch um ca. 14o % besser ab als die Kontrollration.

Ration (6) mit 1oo %igem Ersatz von Casein durch reine Aminosäuren brachte dagegen nur noch ca. 4o % höhere Werte an LMZ, α und FVW im Vergleich zur Kontrollration (12,2 g, o,24 und 212 g/kg).

Tabelle 36 6 WOCHENERGEBNISSE (HAUPTPERIODE): LEBENDMASSE (LM), WACHSTUM (LMZ und α), FUTTERVERZEHR (FVZ) UND FUTTERVERWERTUNG (gLMZ/kg FUTTER TS) - VERSUCH I -

5 Fische pro Becken - 5 Wiederholungen

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
FPC (%)	3o,o	-	-	-	-	-	-	-	-
Casein (%)	-	25,o	2o,o	15,o	15,o	-	25,o	2o,o	15,o
AS m.Lys(%)	-	5,9	11,7	17,6	17,6	35,2	-	-	-
AS o.Lys(%)	-	-	-	-	-1)	-	5,5	11,1	16,6
Gelatine(%)	1o,o	1o,o	1o,o	1o,o	1o,o	1o,o	1o,o	1o,o	1o,o
RP gesamt	34,o	34,2	34,3	34,5	34,5	35,o	33,9	33,7	33,6
Lysin % v. RP	6,o	7,1	6,7	6,4	6,4	5,5	6,3	5,3	4,3
LM(g)VB	112,3	112,2	112,3	112,4	111,7	112,2	111,5	112,3	112,3
s	o,6	o,5	o,2	o,4	o,5	o,8	o,5	o,8	o,5
6 Wochen	121,o	136,8	133,3	133,5	123,2	124,4	134,6	134,4	131,7
s	5,4	8,8	1o,5	6,3	7,5	11,4	8,o	7,7	6,3
Relat.	(1oo)	(113)	(11o)	(11o)	(1o2)	(1o3)	(111)	(111)	(1o9)
LMZ(g)	8,7	24,7	21,o	21,2	11,5	12,2	23,2	22,2	19,5
s	5,3	8,4	1o,4	6,o	7,5	1o,9	7,6	8,o	6,3
Relat.	(1oo)	(284)	(241)	(244)	(132)	(14o)	(267)	(255)	(224)
α	o,17	o,47	o,4o	o,41	o,23	o,24	o,45	o,42	o,38
s	o,1o	o,15	o,19	o,11	o,14	o,21	o,13	o,14	o,11
Relat.	(1oo)	(276)	(235)	(241)	(135)	(141)	(265)	(247)	(224)
FVZ(g)	56,o	56,8	56,7	57,3	55,3	55,9	56,8	56,7	56,7
s	o,7	1,4	1,4	1,1	1,o	1,7	1,3	1,2	o,7
Relat.	(1oo)	(1o1)	(1o1)	(1o2)	(99)	(1oo)	(1o1)	(1o1)	(1o1)
FVW(g/kg)	154	431	366	369	2o5	212	4o5	39o	342
s	92	142	176	1o1	132	19o	125	138	1o7
Relat.	(1oo)	(28o)	(238)	(24o)	(133)	(138)	(263)	(253)	(222)
Verluste(n)	2	6	2	1	-	5	-	1	1

1) Auf pH7 neutralisiert.

Die Werte über die Rationszusammensetzung wurden bis auf eine Kommastelle zur besseren Übersicht aufgerundet. Die genauen Werte sind der Versuchsanlage zu entnehmen.

Schließlich erzielte Gruppe (5), deren Futter in der Zusammensetzung Ration (4) entsprach, jedoch zusätzlich auf einen neutralen pH-Wert eingestellt worden war, wesentlich niedrigere Werte im Vergleich zur nicht neutralisierten Ration. So lag die LMZ von Ration (5) mit 11,5 g um 84 % unter den Werten von Ration (4) mit 21,2 g. Ähnliches gilt für die spezifische Wachstumsrate von o,23 sowie für die FVW von 2o4 gLMZ/kg Futter TS von Ration (5) gegenüber den Werten der Ration (4).

In den 3 letzten Rationen, die in ihrer Futterzusammensetzung den Rationen (2) bis (4) entsprachen, bei denen aber aufgrund des Ersatzes von Lysin in der Aminosäuremischung durch Flocculante absteigende Lysingehalte von 6,3; 5,3 und 4,3 in % vom Rohprotein untersucht wurden, ergaben sich leicht abfallende LMZ-Werte von 23,2; 22,2 und 19,5 g, α-Werte von o,45; o,42 und o,38 sowie Futterverwertungsdaten von 4o5, 39o und 342 g/kg.

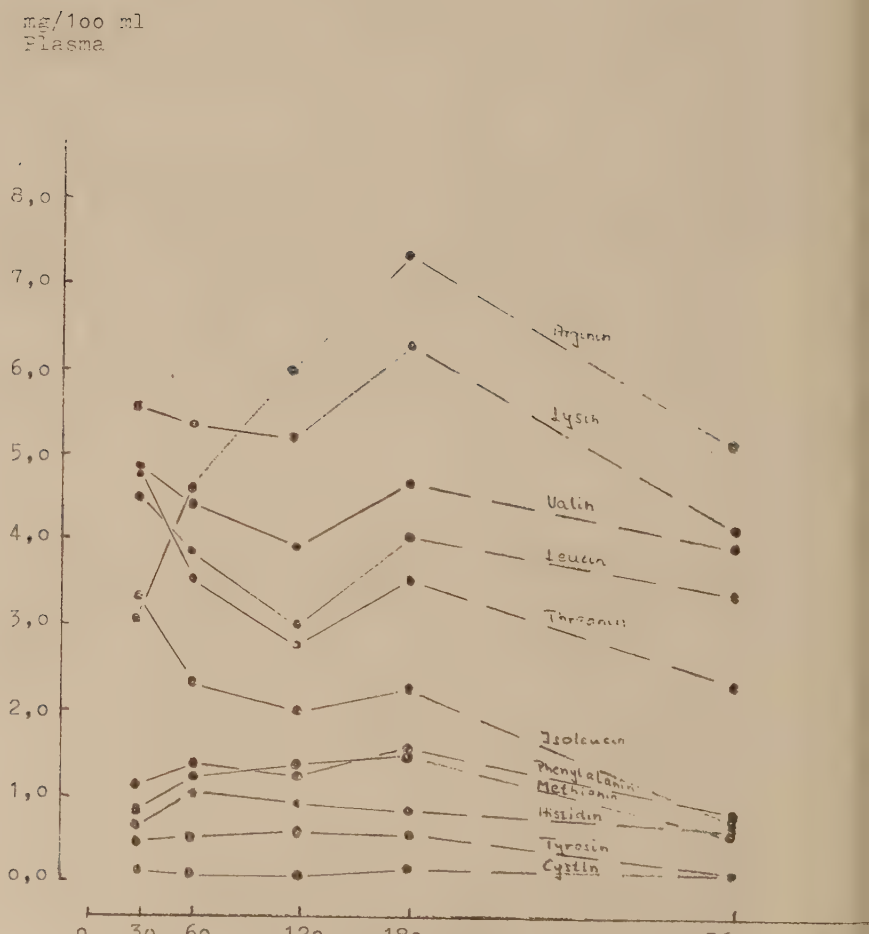
Über die Aminosäurenanflutung im venösen Blut in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Futteraufnahme informiert Abbildung 2. Die dieser Abbildung zugrunde liegenden Werte finden sich im Anhang (Tabelle A 4). Hier zeigt sich recht deutlich, daß bei den gewählten Zeitabständen zumindest für die Aminosäuren Lysin, Arginin, Valin, Leucin und Threonin etwa 3 Stunden nach der Mahlzeit die höchsten Plasmawerte zu erwarten sind.

Dies steht in einem gewissen Widerspruch zu den bereits zitierten Angaben von SCHLISIO und NICOLAI (1977). Hier wurde der Maximalwert der Aminosäurekonzentrationen im Plasma erst nach 12 bis 24 Stunden erreicht. Eine direkte Vergleichbarkeit mußte aber andererseits auch nicht erwartet werden, da die Magenentleerung sehr vom Futtertyp und wahrscheinlich auch vom Wirkstoffgehalt der Ration abhängt.

Abbildung 2 KONZENTRATION FREIER AMINOSÄUREN IM BLUT-PLASMA IN ABHÄNGIGKEIT VOM FÜTTERUNGSZEIT-PUNKT - VERSUCH I -

Futter mit PPC (1)

n = 2 Proben (2 Tiere/Probe)



Für die ebenfalls untersuchten Aminosäuren Phenylalanin, Methionin und Cystin, Histidin und Tyrosin ist dagegen im gesamten Beobachtungszeitraum ein Anstieg kaum zu vermerken.

Ganz anders als die bisher beschriebenen Aminosäuren verhält sich Iso-Leucin. Dessen Konzentration fällt von Beginn der Probennahme bis zur 6. Stunde nach Fütterung geringgradig ab. Hier sind weitere Untersuchungen angezeigt, da bei Reproduzierbarkeit dieses Befundes auf einen zumindest marginalen Gehalt an Iso-Leucin im Fischproteinkonzentrat geschlossen werden könnte.

Die hier vorgelegten Versuchsergebnisse waren erst nach Abschluß aller drei Versuche vollständig auswertbar. Deshalb mußte der Zeitpunkt der Probenentnahme ohne diesen Bezug festgelegt werden. Da in Versuch I eine andere Probenentnahmezeit (3 Stunden nach Fütterung) als in den Versuchen II und III gewählt wurde (2 Stunden nach Fütterung), lassen sich die Lysinplasmakonzentrationen der Versuche nur bedingt vergleichen.

Über die Lysinplasmawerte in Versuch I informiert Tabelle 37.

Innerhalb der Casein enthaltenden Rationen tritt eine mehr oder weniger deutliche Abhängigkeit der Plasma-Lysin-Konzentration vom Lysingehalt im Futter auf. Diese ist besonders ausgeprägt bei Lysinkonzentrationen kleiner als 6,4 % im Protein. Offensichtlich aber lassen sich die Werte der Caseingruppe mit Lysinzusatz (Ration (2) bis (4)) und ohne Lysinzusatz (Ration (7) bis (9)) nur bedingt vergleichen. Der höhere Gehalt an freiem Lysin im Futter der zuerst erwähnten Gruppen hat offensichtlich zu einer schnelleren Lysinanflutung im Plasma geführt. Dadurch wären die Unter-

schiede, die bei nahezu gleicher Lysinkonzentration im Futter im Plasmaspiegel auftreten (Ration (4): 6,35 mg Lysin/1oo ml Plasma bei 6,4 % Lysin vom Rohprotein; Ration (7): 3,71 mg/1oo ml Plasma bei 6,3 % Lysin vom Rohprotein), zwanglos zu erklären.

Tabelle 37 LYSINKONZENTRATIONEN IM BLUTPLASMA
- VERSUCH I -
Blutentnahme 3 Stunden nach Fütterung
2 Wiederholungen (2 Tiere/Wdh.)

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
FPC (%)	3o,o	-	-	-	-	-	-	-	-
Casein (%)	-	25,o	2o,o	15,o	15,o	-	25,o	2o,o	15,o
AS m.Lys(%)	-	5,9	11,7	17,6	17,6	35,2	-	-	-
AS o.Lys(%)	-	-	-	-	-1)	-	5,5	11,1	16,6
Gelatine(%)	1o,o	1o,o	1o,o	1o,o	1o,o	1o,o	1o,o	1o,o	1o,o
RP gesamt	34,o	34,2	34,3	34,5	34,5	35,o	33,9	33,7	33,6
Lysin % v. RP	6,o	7,1	6,7	6,4	6,4	5,5	6,3	5,3	4,3
Lys/Plasma mg/1oo ml	6,27	6,79	6,34	6,35	5,74	4,o8	3,71	3,23	2,53
R	o,29	1,83	2,68	2,98	2,87	2,73	o,23	o,94	o,18

1) Auf pH7 neutralisiert.

Die Werte über die Rationszusammensetzung wurden bis auf eine Kommastelle zur besseren Übersicht aufgerundet. Die genauen Werte sind der Versuchsanlage zu entnehmen.

3.2.2. Versuch II

In beiden Teilen von Versuch II zeigte sich ab etwa der 6. Woche bei allen Gruppen mit Ausnahme der Rationen mit FPC eine Verzehrsdepression. Darüber hinaus wurde der Versuch, der ursprünglich auf 8 Wochen geplant war, auf 14 Wochen verlängert, da sich Mangelsituationen erst relativ spät zeigten.

Versuch II A

Die Endergebnisse sind in Tabelle 38 zusammengefaßt. Die Zwischenergebnisse finden sich in den Anhangstabellen A5 bis A 12.

Bei Beginn des Versuches zeigten sich in allen Rationsgruppen mit angenommener Lysinmangelversorgung die geringeren Anlaufschwierigkeiten. So lagen die spezifische Wachstumsrate und die Futterverwertung in den ersten zwei Wochen bei diesen Gruppen teilweise deutlich höher als in den Gruppen mit höherem Lysingehalt. Als Ausnahme ist hier allein die absolute Lysinmangelgruppe (Ration (6)) hervorzuheben, bei der es schon nach etwa einer Woche Versuchsverlauf zu einer deutlichen Verzehrsdepression kam, woraus nach 2 Wochen Versuchsdauer bereits deutlich niedrigere Werte für Wachstum und Futterverwertung resultierten.

Dagegen war zwar bei der Gruppe (4) (1 % Lysin vom Rohprotein aus Gelatine) eine zunächst langsamere Futteraufnahme in den ersten 2 Versuchswochen zu beobachten, eine deutliche Verzehrsdepression und daraus resultierend eine niedrigere spezifische Wachstumsrate und Futterverwertung waren erst nach der 3. und 4. Woche zu erkennen.

Schließlich kam es in den absoluten Lysinmangelgruppen (0 bis 1 % Lysin) ab der 5. bis 6. Woche zu vermehrten Todesfällen nach Hauterkrankungen.

Ab der 9. Versuchswoche mußte sogar ein Becken der absoluten Mangeldiät auf vollwertiges Futter der Ration (5) umgestellt werden, da sonst auch das Überleben der restlichen Fische bis zu Versuchsende in Frage gestellt war. Die Tiere dieser Gruppe zeigten dann nach ca. 1 Woche wieder guten Appetit, gesundes Aussehen und positive Wachstumsraten.

Ein Abfall der spezifischen Wachstumsrate und Futterverwertung der Ration (7) mit 3 % Lysin vom Rohprotein zeigte sich erst in den Werten der 5. und 6. Woche. Desgleichen kam es dann auch bei dieser Gruppe zu etwas höheren Ausfällen, die damit insgesamt eine Abhängigkeit von der Lysinversorgung vermuten lassen.

Insgesamt zeigte sich gegen Versuchsende folgendes Bild: die Gruppe (5) mit 6 % Lysin vom Rohprotein und Gruppe (8) mit 4,5 % Lysin vom Rohprotein zeigten in Lebendmassezunahme, spezifischer Wachstumsrate und Futterverwertung keinen nennenswerten Unterschied. Die Lebendmassezunahme der Gruppe (8) lag mit 14,4 g um 4 % höher als die der Gruppe (5) mit 13,9 g, die spezifische Wachstumsrate mit o,82 um 3 % höher, die Futterverwertung schließlich mit 661 um 2 % höher.

Die Werte der Gruppe (7) hingegen mit 3,o % Lysin waren mit einer Lebendmassezunahme von 12,1 g um 13 %, bzw. einer spezifischen Wachstumsrate von o,73 um 9 %, sowie mit einer Futterverwertungsrate von 584 um 1o % niedriger als die der Vergleichsgruppe (8) mit 6 % Lysin.

Diese Ergebnisse bestätigten sich in der Versuchsreihe mit ca. 35 % Rohprotein: Gruppe (4) als fast absolute Lysinmangelgruppe wies Werte auf, die erheblich unter den Angaben für die vollwertige Aminosäureration (3) lagen. Die Lebendmassezunahme betrug 12 % des korrespondierenden Wertes der Kontrollgruppe (3). Spezifische Wachstumsrate und Futterverwertung lagen um 18 % bzw. 26 % unter dem Wert der Gruppe (3). Vergleicht man die caseinhaltige Ration (1) mit 6,4 % Lysin mit der ebenfalls caseinhaltigen Ration (2) mit nur 4,1 % Lysin vom Rohprotein, so sind die Werte für Lebendmasse und Futterverwertung numerisch nahezu gleich ausgefallen.

Ein Vergleich zwischen gereinigten (Ration (1) und (2)) und synthetischen Diäten mit gleichem Rohproteingehalt (Ration (3) und (4)) begünstigt die gereinigten Rationen aus Casein mit Aminosäuren.

Die Verluste waren insbesondere in den Rationsgruppen (4) und (6) mit absolutem oder fast absolutem Lysinmangel mit über 5o % deutlich erhöht, ebenso war die Verlustrate in Gruppe (7) mit 7 % etwas höher als in den übrigen Gruppen (Tabelle 35).

Über die Lysinkonzentrationen im Blutplasma der Versuchstiere informiert Tabelle 39.

Tabelle 38 14 WOCHENERGEBNISSE: LEBENDMASSE (LM), WACHSTUM (LMZ und α), FUTTERVERZEHR (FVZ) UND FUTTERVERWERTUNG (gLMZ/kg FUTTER TS) - VERSUCH II A -

25 Fische pro Becken

Code (1) - (4): 2 Wiederholungen
Code (5) - (8): 3 Wiederholungen

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)[1]	(7)	(8)
Casein (%)	15,00	15,00	-	-	-	-	-	-
AS o.Lys(%)	16,63	16,63	33,26	33,26	33,26	33,26	33,26	33,26
L-Lys HCl(%)	0,98	-	1,95	-	1,95	-	0,98	1,46
L-Glu-sre(%)	-	1,57	-	3,14	-	3,14	1,57	0,78
Gelatine (%)	10,00	10,00	10,00	10,00	-	-	-	-
RP gesamt	34,5	34,5	35,0	35,0	26,0	26,0	26,0	26,0
Lysin % v. RP	6,4	4,1	5,5	1,0	6,0	0,0	3,0	4,5
LM(g)VB	11,7	11,7	11,8	11,7	11,8	11,7	11,8	11,8
R	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
14 Wochen	31,7	31,9	29,7	13,9	25,7	10,8	23,9	26,1
R	1,7	1,5	0,9	0,9	3,4	0,7	1,9	0,4
Relat.	(123)	(124)	(116)	(54)	(100)	(42)	(93)	(102)
LMZ(g)	20,0	20,1	17,9	2,2	13,9	-0,9	12,1	14,4
R	1,8	1,5	1,0	1,0	3,4	0,7	1,9	0,6
Relat.	(144)	(145)	(129)	(16)	(100)	(-6)	(87)	(104)
α	1,02	1,03	0,95	0,17	0,80	-0,08	0,73	0,82
R	0,06	0,05	0,04	0,08	0,14	0,06	0,09	0,03
Relat.	(128)	(129)	(119)	(21)	(100)	(-10)	(91)	(103)
FVZ(g)	24,7	24,8	23,5	11,1	21,4	8,4	20,8	21,7
R	0,5	0,2	0,3	0,9	2,0	0,0	1,2	0,4
Relat.	(115)	(116)	(108)	(52)	(100)	(39)	(97)	(101)
FVW(g/kg)	810	812	760	195	650	[2]	584	661
R	56	54	37	76	103		59	36
Relat.	(125)	(125)	(117)	(30)	(100)		(90)	(102)
Verluste(n)	-	1	3	28	-	27[3]	5	-

1) Ab 9. Versuchswoche nur 2 Wdh., da 1 Becken auf Rationsfutter (5) umgestellt wurde.

2) Der Wert wurde nicht aufgenommen, da er kleiner als 0 ist.

3) Der Wert bezieht sich nur auf 2 Wdh.; zählt man die Fischverluste der 3. Wdh. vor der Futterumstellung dazu, so ergibt sich eine Verlustzahl von 45.

Tabelle 39 LYSINKONZENTRATIONEN IM BLUTPLASMA
- VERSUCH II A -

Blutentnahme 2 Stunden nach Fütterung
Sammelproben - 2 Wiederholungen

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Casein (%)	15,00	15,00	-	-	-	-	-	-
AS o.Lys(%)	16,63	16,63	33,26	33,26	33,26	33,26	33,26	33,26
L-Lys HCl(%)	0,98	-	1,95	-	1,95	-	0,98	1,46
L-Glu-sre(%)	-	1,57	-	3,14	-	3,14	1,57	0,78
Gelatine (%)	10,00	10,00	10,00	10,00	-	-	-	-
RP gesamt	34,5	34,5	35,0	35,0	26,0	26,0	26,0	26,0
Lysin % v. RP	6,4	4,1	5,5	1,0	6,0	0,0	3,0	4,5
Lys/Plasma mg/100 ml	4,74	1,91	3,68	-[1]	3,91	-[1]	1,07	1,70
R	0,00	0,83	2,19		2,19		0,06	0,52

[1] Bei Code (4) und (6) konnte wegen geringer Tierzahl/Größe kein Blut entnommen werden.

Die Werte über die Rationszusammensetzung wurden bis auf zwei Kommastellen zur besseren Übersicht aufgerundet. Die genauen Werte sind der Versuchsanlage zu entnehmen.

Versuch II B

Die Endergebnisse sind in Tabelle 4o zusammengefaßt. Die Zwischenergebnisse finden sich in den Anhangstabellen A13 bis A2o.

Auch hier ließen sich insofern überraschende Anfangsergebnisse erzielen, als die Rationsgruppen (11) und (12) mit Casein in den ersten 4 Wochen deutlich bessere spezifische Wachstumsraten erzielten als die Gruppe (1o), deren Rationsprotein in der Hauptsache aus FPC bestand. Erst im weiteren Versuchsverlauf etwa ab der 6. Woche kam es zu einem Abfall der spezifischen Wachstumsrate in der Caseingruppe (12), deren Fettanteil aus Sonnenblumenöl bestand und etwa ab der 7. Versuchswoche in der Caseingruppe (11) mit Fischöl.

Gegen Versuchsende wurden in der FPC-Gruppe (1o) erheblich bessere Werte als in den übrigen Gruppen gemessen. So lag die Lebendmassezunahme der Gruppe(11) mit 15,3 g um 18 % unter dem Wert der Kontrollgruppe (1o) mit 18,6 g, die Werte der Ration (12) sogar mit 11,5 g um 38 % niedriger. Dasselbe gilt für spezifische Wachstumsrate und Futterverwertung.

25 % Rohprotein aus FPC (Gruppe (9)) schließlich erwiesen sich den 25 % FPC-Protein und 9 % Gelatine-Protein (Gruppe (1o) mit einer Lebendmassezunahme von 15,2 g, einer spezifischen Wachstumsrate von o,85 und einer Futterverwertung von 718 um 18, 12 und 11 % als unterlegen.

Tabelle 4o 14 WOCHENERGEBNISSE: LEBENDMASSE (LM), WACHSTUM (LMZ und α), FUTTERVERZEHR (FVZ) UND FUTTERVERWERTUNG (gLMZ/kg FUTTER TS) - VERSUCH II B -
25 Fische pro Becken - 3 Wiederholungen

Code Nr.	(9)	(1o)	(11)	(12)
FPC (%)	3o,o	3o,o	-	-
Casein (%)	-	-	3o,o	3o,o
Gelatine (%)	-	1o,o	1o,o	1o,o
Fischöl (%)	15,o	15,o	15,o	-
Sonnenblumenöl (%)	-	-	-	15,o
RP gesamt	25,o	34,o	34,o	34,o
Lysin % v. RP	6,7	6,o	7,4	7,4
LM(g)VB	11,8	11,8	11,7	11,7
R	o,o	o,o	o,1	o,1
14 Wochen	27,o	3o,4	27,1	23,3
R	1,1	3,4	o,9	o,9
Relat.	(89)	(1oo)	(89)	(77)
LMZ(g)	15,2	18,6	15,3	11,5
R	1,o	3,4	o,8	o,9
Relat.	(82)	(1oo)	(82)	(62)
α	o,85	o,97	o,86	o,7o
R	o,o4	o,12	o,o3	o,o3
Relat.	(88)	(1oo)	(89)	(72)
FVZ(g)	21,1	23,o	22,4	2o,8
R	o,7	1,4	o,6	o,7
Relat.	(92)	(1oo)	(97)	(9o)
FVW(g/kg)	718	81o	684	555
R	35	1o1	29	35
Relat.	(89)	(1oo)	(84)	(69)
Verluste(n)	1	-	2	-

Da die Tiere sowohl von Versuchsteil A als auch B eine starke Verzehrsdepression nach 6 Wochen Versuchsdauer zeigten und Todesfälle bei der Sektion stark vergrößerte und verfärbte Lebern erkennen ließen, wurden am letzten Versuchstag nach der Blutentnahme den Tieren von je 2 Wiederholungen der Rationsgruppen (2) bis (11) die Lebern herauspräpariert und diese nach subjektiven Gesichtspunkten im Bezug auf Größe und Farbe tabellarisch aufgeführt. Dabei zeigten alle Tiere der Rationsgruppen (1), (2), (3), (5) und (7), (8) sowie (11) zu mindestens 8o % bis auf das Doppelte bzw. Dreifache vergrößerte Lebern mit grau-beiger Farbe. Ausgenommen hiervon waren lediglich die absoluten und fast absoluten Lysinmangelgruppen (4) und (6), deren Tiere gegen Versuchsende kaum noch Futter aufgenommen hatten, sowie die FPC-Gruppen (9) und (1o), deren Leberveränderungen allenfalls in einer fleckenförmigen Farbaufhellung bestanden.

Aufgrund dieses Ergebnisses wurden daraufhin 15 Tiere der Rationsgruppe (12) mit Casein und Sonnenblumenöl sowie 1o Tiere der Rationen (5), (7) und (8) mit reiner Aminosäurediät an das zoologische Institut in München zu einer histologischen Untersuchung übergeben. Dabei ergab sich bei fast all diesen Tieren eine hochgradige Verfettung der Lebern als Befund sowie bei den 1o Tieren aus den synthetischen Aminosäurerationsgruppen in 6 Fällen Gallengangsproliferationen und -infiltrationen, sowie in 2 Fällen Gallengangstumore. Eine Zuordnung zu den Gruppen (5), (7) oder (8) war nicht mehr möglich.

3.2.3. Versuch III

Die Endergebnisse sind in Tabelle 41 zusammengefaßt. Die Zwischenergebnisse finden sich in den Anhangstabellen A21 bis A25.

In Versuch III zeigte sich nach etwa 4 Wochen Versuchsverlauf, daß die Gruppe (1) mit der Aminosäuremischung aus Versuch I und II gegenüber den Aminosäuremischungen mit abgeändertem Arginin-, Phenylalanin-, Methionin-, Cystin-, Leucin- und Valin-Gehalt in den spezifischen Wachstumsraten mehr oder weniger deutlich unterlegen war. Nach weiteren 2 Wochen ließ sich schließlich auch ein Abfall in der spezifischen Wachstumsrate von Ration (5) mit nur 4,o % Lysin vom Rohprotein verzeichnen. Annähernd gleichbleibende Werte waren bei den Rationen (2) bis (4) mit 6,o; 5,o und 4,5 % vom Rohprotein zu beobachten.

Ebenso ließ sich ähnlich wie in Versuch II gegen Ende des Versuchsverlaufes, d. h. etwa ab der 8. Versuchswoche, eine allgemeine Verzehrsdepression beobachten, wodurch sich der Abstand der Werte von Gruppe (1) zu den Gruppen (2) bis (4) etwas verringerte.

Innerhalb der Gruppen (2) bis (5) mit abnehmendem Lysingehalt zeigte nur Ration (5) wesentlich schlechtere Werte an. Während Lebendmassezunahme und spezifische Wachstumsrate in den Gruppen (2) bis (4) annähernd gleich blieben (Ration (2): 18,o g bzw. 1,o1; Ration (3): 17,6 g bzw. 1,oo; Ration (4): 18,1 g bzw. 1,o2), lag die Lebendmassezunahme von Ration (5) mit 16,5 g um 8 % niedriger und die spezifische Wachstumsrate mit o,94 um 7 % niedriger als in der Kontrollration (2).

Tabelle 41 8 WOCHENERGEBNISSE (HAUPTPERIODE): LEBENDMASSE (LM), WACHSTUM (LMZ und α), FUTTERVERZEHR (FVZ) UND FUTTERVERWERTUNG (gLMZ/kg FUTTER TS) - VERSUCH III -

25 Fische pro Becken - 2 Wiederholungen

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
AS alt o.Lys(%)	33,26	-	-	-	-
AS neu o.Lys(%)	-	33,82	33,82	33,82	33,82
L-Lys HCl (%)	1,95	1,95	1,63	1,46	1,3o
L-Glu-sre (%)	-	-	o,52	o,78	1,o5
RP gesamt	26,o	26,o	26,o	26,o	26,o
Lysin % v. RP	6,o	6,o	5,o	4,5	4,o
LM(g)VB	23,8	23,8	23,8	23,7	23,8
R	o,o	o,o	o,2	o,o	o,o
8 Wochen	4o,2	41,8	41,4	41,8	4o,3
R	o,8	o,4	o,7	o,4	o,4
Relat.	(96)	(1oo)	(99)	(1oo)	(96)
LMZ(g)	16,3	18,o	17,6	18,1	16,5
R	o,9	o,4	o,5	o,4	o,4
Relat.	(91)	(1oo)	(98)	(1o1)	(92)
α	o,94	1,o1	1,oo	1,o2	o,94
R	o,o4	o,o2	o,o1	o,o2	o,o2
Relat.	(93)	(1oo)	(99)	(1o1)	(93)
FVZ(g)	23,2	23,7	23,6	23,7	23,4
R	o,2	o,3	o,1	o,1	o,2
Relat.	(98)	(1oo)	(1oo)	(1oo)	(99)
FVW(g/kg)	7o5	761	747	765	7o3
R	31	26	25	18	24
Relat.	(93)	(1oo)	(98)	(1o1)	(92)
Verluste(n)	-	-	1	1	-

Die Werte über die Rationszusammensetzung wurden bis auf zwei Kommastellen zur besseren Übersicht aufgerundet. Die genauen Werte sind der Versuchsanlage zu entnehmen.

Der Futterverzehr lag bei den Rationen (2) bis (4) mit ca. 23,6 bis 23,7 g gleich. Die Futterverwertung in den Gruppen (2) bis (4) zeigte kaum Abweichungen (Ration (2): 761; Ration (3): 747; Ration (4): 765 gLMZ/kg Futter TS), während die Futterverwertung von Gruppe (5) mit 7o3 um 8 % unter dem Wert der Referenzdiät lag.

Verluste ergaben sich schließlich erst am letzten Tag vor der Endwiegung, wobei jeweils ein Tier von Ration (3) und von Ration (4) einging; eine rationsbedingte Mortalität dürfte sich somit kaum ableiten lassen.

Bei der nach der Blutentnahme durchgeführten Beurteilung der Lebern im Bezug auf Farbe und Größe zeigte sich bei allen Rationen fast durchwegs eine hochgradige Lebervergrößerung sowie eine beige-weiße bis grauweiße Farbe.

Der histologische Befund von je 1o Lebern der Rationsgruppen (1), (2) und (5) wies dieses makroskopische Bild als hochgradige Leberverfettung aus. Darüber hinaus wurden in der Rationsgruppe (2) einmal und in der Rationsgruppe (5) zweimal Gallengangsproliferationen beobachtet. Gallengangstumore wurden in der Gruppe (1) nicht, in Gruppe (2) jedoch einmal und in Gruppe (5) dreimal festgestellt (Tabelle 44).
Eine abschließende Aflatoxinuntersuchung sämtlicher Futterchargen aus Versuch III am mikrobiologischen Institut der tierärztlichen Fakultät München ergab für alle Rationen einen negativen Befund [1].

Über die Konzentrationen der freien Aminosäuren der Rationen (1) und (2) informiert Tabelle 42.
Die Angaben über den Gehalt von freiem Lysin im Blutplasma sind Tabelle 43 zu entnehmen.

[1] Für die Durchführung der Untersuchung möchte ich mich bei Frau Prof. B. Gedek bedanken.

Tabelle 42 KONZENTRATION FREIER AMINOSÄUREN IM BLUTPLASMA - VERSUCH III -

Sammelproben - 2 Wiederholungen

AS	AS alt (Rat.1) % v. RP	AS alt (Rat.1) mg/1oog Plasma	AS neu (Rat.2) % v. RP	AS neu (Rat.2) mg/1oog Plasma
+ Arginin	7,12	2,o4	6,oo	1,98
R		o,o5		o,83
+ Phenylalanin	4,54	2,49	5,6o	3,72
R		o,21		o,34
+ Methionin	3,3o	5,52	2,9o	5,38
R		o,31		1,44
+ Cystin	2,15	o,46	1,1o	n.b.
R		1)		
+ Leucin	7,69	3,13	9,4o	4,76
R		o,95		1,45
Iso-Leucin	4,54	1,54	4,54	1,86
R		o,62		o,72
+ Valin	4,62	3,27	6,oo	4,7o
R		2,o5		2,39
Threonin	4,o8	3,64	4,o8	3,88
R		o,11		1,66
Tyrosin	3,85	1,58	3,85	2,32
R		o,o8		o,24
Histidin	2,22	5,66	2,22	6,33
R		o,75		1,53
Lysin	6,oo	3,17	6,oo	3,32
R		o,29		1,35

+) Die mit + gekennzeichneten Aminosäuren wurden in ihrer Menge abgeändert.

1) Die 2. Wiederholung wurde nicht bestimmt.

Tabelle 43 LYSINKONZENTRATIONEN IM BLUTPLASMA
- VERSUCH III -

Blutentnahme 2 Stunden nach Fütterung
Sammelproben - 2 Wiederholungen

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
AS alt o.Lys(%)	33,26	-	-	-	-
AS neu o.Lys(%)	-	33,82	33,82	33,82	33,82
L-Lys HCl (%)	1,95	1,95	1,63	1,46	1,3o
L-Glu-sre (%)	-	-	o,52	o,78	1,o5
RP gesamt	26,o	26,o	26,o	26,o	26,o
Lysin % v. RP	6,o	6,o	5,o	4,5	4,o
Lys/Plasma mg/1oo ml	3,17	3,32	1,41	1,37	o,73
R	o,29	1,35	o,16	o,41	o,o1

Die Werte über die Rationszusammensetzung wurden bis auf zwei Kommastellen zur besseren Übersicht aufgerundet. Die genauen Werte sind der Versuchsanlage zu entnehmen.

4. DISKUSSION

4.1. VERSUCHSDURCHFÜHRUNG UND -VERLAUF

Für Versuche zur Bedarfsermittlung ist insbesondere die exakte Futterzuteilung von Bedeutung. Dafür stellt aber die im 1. Versuch verwendete Kreislaufanlage ein gewisses Risiko dar, da durch das zurückgeführte Kreislaufwasser eine Rückführung von Futterpartikeln und somit eine zusätzliche Nährstoffversorgung möglich ist. Diese Gefahr wird darüber hinaus noch erhöht, da der Frischwasserzusatz wegen der Gefahr einer N_2-Übersättigung nicht beliebig hoch gehalten werden kann.

Ein weiteres Handicap der Kreislaufanlage besteht vor allem in der schlechten Kontrolle etwa auftretender Krankheitsgeschehen. Zum einen liegt ein erhebliches Kontaminationsrisiko vor (schnelle Ausbreitung über das Kreislaufsystem). Zum anderen besteht vor allem in den Sommermonaten die Gefahr der Stickstoffübersättigung.

Als Ursache für die starke Streuung innerhalb der verschiedenen Versuchsgruppen in Versuch I muß auch die relativ kleine Zahl der Fische (n = 5) pro Wiederholung angesehen werden. Allein eine unterschiedliche Bereitwilligkeit zur Aufnahme unüblicher Diäten im Einzelfall mag zu starken Verzerrungen des Mittelwertes führen.

Diesen in Versuch I gemachten Beobachtungen wurde in den folgenden Versuchen mit Frischwasser weitgehend Rechnung getragen, da mehrere, insbesondere junge Fische pro Wiederholung verwendet wurden und das Futter in Pelletform dargereicht wurde.

Der Erfolg dieser Maßnahmen läßt sich dabei an insgesamt brauchbaren Werten für Wachstum und Futterverwertung in den folgenden Versuchen absehen. Dabei wurde das pelletierte Futter vom ersten Tag an akzeptiert. Trotzdem zeigte sich dann in den nächsten Tagen eine etwas zögerndere Aufnahme, die sich dann in der zweiten Woche besserte. Dies wird auch durch die Beobachtungen APPELBAUM's (198o) bestätigt, der feststellte, daß die Aufnahme bei plötzlicher Futterumstellung, insbesondere bei weniger attraktivem Futter, erst 1 bis 2 Tage später zurückgeht, daß es dazu einer gewissen Gewöhnungszeit bedarf.

Die im weiteren Versuchsverlauf der folgenden Versuche jeweils nach 6 bis 8 Wochen auftretende Verzehrsdepression ist sicherlich einmal im Zusammenhang mit den an späterer Stelle noch zu diskutierenden Leberbefunden zu sehen.

Abweichungen in den Werten zwischen den Wiederholungen einer Versuchsgruppe waren in Versuch II und III nur gering. Die vor allem in Versuch II aufgetretenen geringfügigen Abweichungen bezogen sich zumeist auf Randbecken der Anlage. Dies wurde jedoch durch die Verteilung der Rationsgruppen im Raum weitgehend ausgeglichen. Im letzten Versuch wurde bewußt darauf geachtet, daß soweit als möglich jeder Gruppe ein Randbecken und ein Becken inmitten der Anlage zugeordnet war. Zusätzlich wurde in Versuch III neues Fischmaterial verwendet, um eine Beeinflussung durch vorangegangene Fütterungsversuche auszuschließen.

Als problematisch ist die Verwendung verschieden großer Fische auch im Bezug auf die Blutentnahme anzusehen. So erleichterten zwar die großen Fische des ersten Versuches die Blutentnahme - das Blut konnte direkt ohne jegliche

Verunreinigung oder Verfälschung aus der caudalen Hohlvene abgezogen werden -,auf der anderen Seite mußten dabei jedoch wiederum größere Schwankungen der Werte in Kauf genommen werden, da einerseits eine Blutprobe jeweils von nur 2 Fischen bezogen wurde, zusätzlich aber noch die Möglichkeit bestand, daß das Blut eines Fisches, der kein Futter aufnahm, die Werte dadurch wesentlich stärker beeinflussen konnte, als dies bei einer umfangreicheren Sammelprobe möglich gewesen wäre.

Andererseits erschwerte die Verwendung kleiner Fische die Blutentnahme im 2. und 3. Versuch, da es bei diesen Tieren nicht möglich war, das Blut in ausreichender Menge aus dem Gefäßsystem direkt abzuziehen, insbesondere wenn man bedenkt, daß die Blutmenge der Süßwasserfischarten nur annähernd 2 % des jeweiligen Körpergewichtes beträgt (LEHMANN und STURENBERG, 198o). Die dabei einzig mögliche Methode der Blutentnahme, nämlich durch Abschneiden des Schwanzes, bringt jedoch Verunreinigungen mit sich (Verdünnung durch Körperwasser).

4.2. VERSUCHSDAUER ZUR AMINOSÄUREBEDARFSERMITTLUNG

Mehrfach bereits angesprochen wurde der Zeitfaktor in seiner Bedeutung bei der Bedarfsermittlung bei Forellen. Hervorgehoben wird diese Tatsache insbesondere bei den Mangelrationen in Versuch II. So wurden in Gruppe (4) mit nur 1 % Lysin vom Rohprotein in den ersten 2 Versuchswochen sogar wesentlich bessere Ergebnisse als in der Vergleichsgruppe (3) mit 5,5 % Lysin beobachtet.

Die absolute Mangeldiät (6) (ohne Lysin) wies dagegen bereits nach 2 Wochen deutlich schlechtere Zuwachswerte auf.

Gruppe (7) mit nur 3 % Lysin im Rohprotein blieb in ihrer spezifischen Wachstumsrate erstmals ab der 5. und 6. Woche zurück.

Daraus ergeben sich erhebliche Folgen für die Mindestversuchsdauer bei derartigen Fragestellungen. Eine von SCHULZ et al (1981) geforderte Versuchsdauer von 8o Tagen ist demnach sicherlich nicht zu hoch angesetzt, will man verläßliche und aussagekräftige Werte erhalten. Nach eigenen Erfahrungen sind Werte unter 8 Wochen Versuchsdauer in keiner Weise zielführend, 12 Wochen Versuchsdauer sollten angestrebt werden.

4.3. LYSIN-BEDARFSERMITTLUNG

In den absoluten Lysinmangelgruppen (o - 1 % Lysin vom RP) kam es ab der 5. Versuchswoche zu erheblich erhöhten Sterblichkeitsraten (bei Versuchsende nach 14 Wochen ca. 6o %). Weiterhin ließ sich bei diesen beiden Rationsgruppen ein hochgradiger Ektoparasitenbefall feststellen, überwiegend Costia, nach AMLACHER (1981) auch als 'Schwächeparasiten' bezeichnet, da diese meist sekundär im Gefolge vorausgegangener Schädigungen der Fische auftreten. Weitere Symptome bestanden dann vor allem in Haut- und Epithelläsion wie Epithelaufhellung und -defekt, 'Auffaserung' der Flossen bzw. Verlust des Epithels über dem Flossenstützgerüst bis zum Verlust der gesamten Schwanzflosse sowie erheblicher Verpilzung von Hautpartien. Eine unmittelbare Bedeutung des Lysins für die Haut-und Schleimfunktion scheint bisher jedoch nicht erwiesen. Nach GRAS et al (1978) ist Lysin in der Haut von Forellen im Vergleich zu anderen Aminosäuren nur in relativ geringem

Anteil vertreten (0,42 µM/g Haut), wodurch eine zumindest quantitativ besondere Bedeutung des Lysins für die Schleimbildung als Schutzfunktion der Haut offensichtlich nicht unmittelbar gegeben ist. Die Reversibilität des Lysinmangels und dessen Symptome wurde durch die Umstellung einer Gruppe der absoluten Lysinmangelration unterstrichen. Nach der Futterumstellung kam es zu keinen weiteren Todesfällen, Futter wurde nach etwa 5 bis 8 Tagen wieder zügig aufgenommen, Wachstum und Futterverwertung normalisierten sich.

Die Fütterungsversuche fanden auf 2 verschiedenen Rohproteinstufen statt (35 % und 26 %). Insbesondere die Ergebnisse des 2. Versuches über insgesamt 14 Wochen geben dabei als niedrigste Lysinkonzentration bei optimalem Wachstum in der Versuchsreihe mit 35 % Rohprotein (Casein + AS) einen Wert von 4,1 % Lysin vom Rohprotein (Ration (2)) an. In der Versuchsreihe mit 26 % Rohprotein wurde zunächst eine Lysinkonzentration mit optimalem Wachstum von noch 4,5 % ermittelt (Ration (8)). In der letztgenannten Rohproteingruppe wurden in Versuch III nochmals Gehaltsstufen von 6,0; 5,0; 4,5 und 4,0 % Lysin untersucht. Dabei bestätigte sich dann nochmals das Bild des 2. Versuches. Als optimal im Bezug auf größtmöglichstes Wachstum bei geringster Lysinkonzentration erwies sich wieder die Ration mit 4,5 % Lysin am effektivsten, während die Ration mit 4,0 % Lysin nach 6 Wochen einen schwachen, dann nach 8 Wochen jedoch einen deutlicheren Rückgang in Wachstum und Futterverwertung aufwies. Die Ergebnisse der Blutuntersuchung auf freies Plasmalysin sind in ihrer Aussagekraft möglicherweise durch Verunreinigungen und Verdünnungseffekte eingeschränkt. Erschwerend kommt hinzu, daß durch die Bildung von Fettlebern unphysiologische Verhältnisse vorliegen. Für eine exakte regressionsanalytische Berechnung des Lysinbedarfs liegen für den

aufsteigenden Ast der Lysin-Plasma-Werte zu wenig vergleichbare Beobachtungen vor. Immerhin zeigen die doch noch erheblich höheren Lysinwerte der Rationsgruppe (8) in Versuch II gegenüber der Ration (7), daß der Lysinbedarf wahrscheinlich noch um einige Zehntelpunkte unterhalb von 4,5 anzusetzen ist. Ähnliches wird dann in Versuch III bestätigt. Die Lysinkonzentration der Ration (5) mit 4,o % Lysin vom Rohprotein wurde mit ca. o,72 mg/1oo ml Plasma gemessen. Demgegenüber liegt die Lysinkonzentration der Ration (4) mit 4,5 % Lysin vom Rohprotein mit einem Mittelwert von 1,37 deutlich darüber, so daß man zunächst davon ausgehen darf, daß der genaue Bedarfswert ziemlich in der Mitte zwischen 4,o und 4,5 % Lysin liegen dürfte. Schätzungen des 'Bedarfes' über die Lysin-Plasma-Konzentration auf der Basis linearer Regressionen bei Bedarfsüberschreitung ergeben in Versuch II einen Wert von 4,o, in Versuch III einen Wert von 4,3 % Lysin im RP (aus AS-Mischung) als bedarfsdeckend. Damit besteht gute Übereinstimmung zu den Schlußfolgerungen aus den Wachstumsdaten.

Dieser Wert entspricht damit auch der Vermutung anderer Untersucher, daß der tatsächliche Lysinbedarf der Forelle erheblich niedriger liegt (GROPP et al, 1976) als die bisher für die Forelle angenommenen 5 % vom RP (MERTZ, 1972). Weiterhin steht dieses Ergebnis auch mit den Werten von KIM (1982) insoweit in Einklang, als auch hier der Bedarf bei etwa 4 % vom RP angenommen wird. Eine Erklärung, daß die Angabe von KIM mit 3,7 % vom RP nochmals niedriger liegt, könnte in der höheren Rohproteinkonzentration der Ration (35 %) liegen. Andererseits führte KIM seine Versuche nur über einen Zeitraum von 6 Wochen durch, so daß eine Verlängerung sicherlich die Möglichkeit weiterer Aspekte des Lysinbedarfes eröffnet hätte. Alle Untersuchungen sind mit Zweifel über die vollständige Verfügbarkeit des

geprüften Lysins behaftet. So wurden selbst bei Lagerung von Kühlschranktemperaturen Abnahmen der Lysinverfügbarkeit gefunden (ERGÜL, 198o).

Einer gesonderten Betrachtung bedarf schließlich die Änderung des Aminosäuremusters der vollsynthetischen Diäten in Versuch III. Zweifelslos schnitt die dort erstmals verwendete und in verschiedenen Aminosäuren (Arginin, Phenylalanin, Methionin, Cystin, Leucin und Valin) abgeänderte synthetische Aminosäurediät gegenüber der früheren Aminosäurediät besser ab. Ein Effekt, wie er von WILSON et al beim Katzenwels beschrieben wurde (198o) (Mangel an Leucin führt zu einem Anstieg an Valin und insbesondere an Iso-Leucin im Blutplasma), konnte durch eine Anhebung des Leucingehaltes in der neuen Diät bei Forellen nicht beobachtet werden. Die Interaktion zwischen Leucin und Iso-Leucin ist bei Fischen umstritten. Während CHANCE et al (1964) eine Interaktion für den Lachs und WILSON et al (198o) für den Katzenwels bejahen, steht NOSE (1979) diesen Verhältnissen für den Karpfen kritisch gegenüber.

Interessant in diesem Zusammenhang mag evtl. noch die Betrachtung der Werte des freien Arginins im Blutplasma sein. So lagen die Angaben mit 2,o4 und 1,98 mg/1oo ml Plasma in beiden Rationen annähernd gleich, obwohl in der alten Aminosäuremischung Arginin mit 7,12 % vom RP gegenüber 6,o % in der neuen Mischung höher angesetzt war. Da in beiden Rationen Lysin in gleicher Menge vertreten war, könnte die 1o % höhere LMZ des neuen Aminosäuremusters neue Gesichtspunkte im Hinblick auf eine mögliche Beeinflussung zwischen Arginin und Lysin, wie sie von ROBINSON et al (1981) für den Katzenwels verworfen worden ist, aufwerfen.

Insbesondere die Befunde mit anderen Aminosäuren lassen keine sicheren Schlußfolgerungen zu, auch die Lysin-'Bedarfswerte' sind nur zurückhaltend zu bewerten, da zuweilen Unsicherheiten hinsichtlich mangelhafter Parameter und Auswirkungen unterschiedlicher Proteinversorgungen bestehen. Als Grundlage für weiterführende Versuche, insbesondere für Annäherungen an den Bedarf an anderen Aminosäuren, sind die vorgelegten Untersuchungen als brauchbares Basismaterial anzusehen.

4.4. GEREINIGTE UND SYNTHETISCHE DIÄTEN

Herausragende Ergebnisse bei der Untersuchung synthetischer Diäten bestanden bei dieser Arbeit vor allem in der Veränderung der Lebern. So zeigten sich bei der Eröffnung der Leibeshöhlen bei den Fischen aus Rationsgruppen, deren Eiweißanteil überwiegend aus Casein oder reinen Aminosäuren bestand, fast durchwegs hochgradig vergrößerte und weiß-graue bis weiß-beige Lebern.

Weitere histologische Untersuchungen, die im zoologischen Institut der Universität München von Prof. R. Hoffmann durchgeführt wurden, zeigten, daß bei 15 untersuchten Tieren der Rationsgruppe(12) des 2. Versuches mit Casein und Sonnenblumenöl 12 Tiere mittel- bis hochgradige Leberverfettung aufwiesen, sowie bei 1o Tieren aus den Rationen (5), (7) und (8), d. h. aus synthetischen Rationen mit reinen Aminosäuren, 7 Tiere eine mittelgradige Verfettung der Lebern aufwiesen. Als weiterer Befund bei dieser letzten Gruppierung sind in 6 Fällen Gallengangsproliferationen und -infiltrationen sowie in 2 Fällen Gallengangstumore zu nennen. Ähnliche

Befunde zeigten sich dann auch bei der histologischen Untersuchung von je 1o Tieren aus den 'synthetischen' Rationsgruppen (1), (2) und (5) des 3. Versuches. In allen Fällen resultierten hochgradige Leberverfettungen, in der 2. Rationsgruppe zusätzlich einmal Gallengangsproliferationen und -infiltrationen sowie ein Gallengangstumor. In Rationsgruppe (5) mit leichtem Lysinmangel traten zweimal Gallengangsproliferationen und -infiltrationen sowie drei Gallengangstumore auf (siehe Tabelle 44).

Tabelle 44 LEBERVERFETTUNGEN UND NEOPLASTISCHE VERÄNDERUNGEN - VERSUCH II UND III-

Versuch	Diät	Fütterungszeitraum	n	Leberverfettung	Gallengangsproliferat. + -infiltr.	Gallengangstumor
II.	Cas+Sblöl	14 Wo.	15	12x ++/+++	-	-
	AS alt	14 Wo.	1o	7x ++	6	2
III.	AS alt	8 Wo.	1o	1ox +++	-	-
	AS neu	8 Wo.	1o	1ox +++	1	1
	AS neu (Lys:4,o %)	8 Wo.	1o	1ox +++	2	3

Zusammengefaßt ergeben sich 2 Hauptprobleme bei Anwendung synthetischer Diäten an Forellen, ohne deren Lösung die weitere Diskussion über die verschiedenen Möglichkeiten gereinigter bzw. synthetischer Diäten eine nur mehr oder weniger spekulative Bedeutung hat.

In fast allen Fällen wurden sowohl bei gereinigten Diäten mit Casein als auch bei synthetischen Rationen mit reinen Aminosäuren Lebervergrößerung und -verfärbung durch mittel- bis hochgradige Leberverfettung beobachtet, die vermutlich als Grund für die in Versuch II und III regelmäßig nach 6 Wochen auftretende Verzehrsdepression anzusehen ist.

Darüber hinaus sprechen die histologischen Befunde von Prof. R. Hoffmann dafür, daß synthetische Diäten mit reinen Aminosäuren vermehrt zu Gallengangsproliferationen und -infiltrationen sowie zu Gallengangstumoren führen können.

In einer relativ jungen Arbeit betonen PFEFFER und BARTE (1980), daß der vollständige isonitrogene Ersatz von Protein aus Fischmehl durch Casein zu einer rapiden Verschlechterung von Wachstumsraten und Futterverwertung sowie zu einem Anstieg der Mortalität bei Versuchstieren führt. Die Autoren geben den Anteil an Rohfett in der Trockensubstanz der Lebern bei Forellen, deren Rationsprotein vorwiegend aus Casein besteht, mit 60 % als dreimal so hoch an wie bei den mit Fischmehl gefütterten Vergleichstieren. Gleichzeitig stellen die Autoren eine Erniedrigung der N-freien Extraktstoffe in der Lebertrockensubstanz fest. Als mögliche Ursachen diskutieren die Autoren folgende Thesen:

1. In dem Casein ist eine für die Entwicklung der Forellen negative Substanz enthalten
2. Mindestens eine für Forellen essentielle Aminosäure ist im Casein nicht in ausreichender Menge verfügbar
3. Ein nicht fettlöslicher organischer Wirkstoff, der im Fischmehl enthalten ist, ist für Forellen essentiell und war in den übrigen Bestandteilen der eingesetzten Futtermischungen nicht oder nicht im ausreichenden Maße enthalten.

Eine weitere mögliche Erklärung für die hohe Empfindlichkeit der Leber von Salmoniden und damit auch von Regenbogenforellen beschreibt SNIESZKO (1972). So hebt er die Tatsache hervor, daß die Leber von Forellen unter natürlichen Bedingungen kein Reservefett enthält und deshalb nicht befähigt ist, Fette, die sich in den Lebern unter künstlichen Haltungsbedingungen anhäufen, zu nutzen.

Vergleicht man nun die Aminosäuremuster der in dieser Arbeit verwendeten gereinigten und synthetischen Rationen mit Casein und mit synthetischen Aminosäuren, die ihrerseits ebenso zu Leberverfettung geführt haben, mit dem Aminosäuremuster des Fischproteinkonzentrates, das seinerseits keine makroskopisch deutlich sichtbaren Leberveränderungen verursacht hat, zumindest nicht innerhalb der Versuchsdauer, so liegen die angebotenen essentiellen Aminosäuren in den synthetischen Diäten, ausgedrückt in % vom Rohprotein, mindestens gleich, meist sogar über den Werten des Fischproteinkonzentrates. Bedenkt man weiterhin, daß die synthetische Diät ebenso zur Leberverfettung führt wie Caseindiäten, so verkleinern sich die Thesen 1 und 2 von PFEFFER und BARTH an Wahrscheinlichkeit. Dagegen

gewinnt die 3. These eines nicht fettlöslichen organischen Wirkstoffes, der im Fischmehl enthalten ist und für Forellen essentiell ist, an Gewicht.

Schließlich ist noch einmal festzuhalten, daß synthetische Diäten mit Aminosäuren ca. 1o % schlechtere Leistungsdaten erbracht haben als gereinigte Diäten mit Casein und Aminosäuren. Dieser Befund kommt den Vermutungen von MURAI et al (1981) entgegen, die auch bei der Forelle eine schlechtere Verwertbarkeit von Aminosäuren im Vergleich zu komplexen Proteinquellen postulierten.

4.5. NEOPLASTISCHE VERÄNDERUNGEN

Herausragendster Befund der von Prof. Dr. R. Hoffmann durchgeführten histologischen Untersuchung ist zweifellos das Auftreten neoplastischer Veränderungen in den Gallengängen bei den Versuchstieren mit synthetischen Rationen. So konnten bei 1o untersuchten Versuchstieren der vollsynthetischen Rationsgruppen am Ende des 14 Wochen dauernden Versuches II 6mal Gallengangsproliferationen und -infiltrationen sowie 2mal Gallengangstumore nachgewiesen werden, während 15 Tiere aus einer Rationsgruppe mit Casein keinen einzigen derartigen Befund aufwiesen. Schließlich ergab die Untersuchung von je 1o Fischen der Rationen (1), (2) und (5) des 8 Wochen dauernden Versuches III ähnliche Befunde (Gruppe (1): -/1o; Gruppe (2): 2/1o; Gruppe (5): 5/1o Proliferationen bzw. Tumore). Die zahlenmäßigen Unterschiede in der Ausprägung neoplastischer Veränderungen zwischen Versuch

II und III hängen sicher mit der jeweiligen Versuchsdauer zusammen: in Versuch II mit 14 Wochen Dauer werden höhere Raten an Proliferationen und Tumoren beobachtet als in Versuch III mit nur 8 Wochen Dauer.

Neoplastische Leberveränderungen lassen zuerst an Aflatoxinintoxikationen denken. Nach SINNHUBER und Mitarbeiter (1977) reagiert die Regenbogenforelle besonders empfindlich auf Aflatoxine. Eine Untersuchung von Proben sämtlicher Rationsgruppen von Versuch III auf Aflatoxin gegen Versuchsende, die am mikrobiologischen Institut der tierärztlichen Fakultät München durchgeführt wurde, ergab jedoch negative Befunde, so daß Aflatoxin als Ursache für dieses Leberbild ausfällt.

Im Hinblick auf diese Problemstellung gewinnt der Versuch, synthetische Diäten mit Aminosäuren mittels NaOH zu neutralisieren, der nach schlechten Wachstumsergebnissen in Versuch I aufgegeben wurde, erneut an Bedeutung. Bei Beachtung des niedrigen pH-Wertes synthetischer Aminosäurediäten (4,o bis 4,5) im Gegensatz zu den Diäten mit Casein oder mit FPC (6,o bis 6,5) ist eine weitere Überprüfung neutralisierter Aminosäurediäten angebracht, um einen möglichen Einfluß des pH-Wertes auf das neoplastische Geschehen abzuklären.

Generellen Betrachtungen über die Eignung der in diesem Versuch verwendeten gereinigten und synthetischen Diäten muß jedenfalls der Gesichtspunkt vorangestellt werden, daß die oben angeführten neoplastischen Leberveränderungen zuerst einer Erklärung und Problemlösung bedürfen.

Halbsynthetische Diäten mit Casein und Gelatine unterliegen zum Teil sehr unterschiedlichen Wertschätzungen. So bestätigten SCHULZ und Mitarbeiter (1981) deren Eignung als Standard-und Testdiät, während PFEFFER und BARTE (198o) die Eignung des Caseins im Hinblick auf das Auftreten von Fettlebern einschränkten. Beide Aussagen lassen sich nun auch in dieser Arbeit bestätigen. Daß das Casein in Kombination mit Gelatine eine durchaus gute Proteinquelle darstellen könnte, wird in den Ergebnissen vom Versuch I angedeutet und durch die Ergebnisse des 2. Versuches anfänglich bestärkt. Daß die caseinhaltige Diät dann aber im späteren Verlauf von Versuch II deutlich gegenüber der FPC-Kontrollration in Wachstum und Futterverwertung abfällt, ist vermutlich im Zusammenhang mit der Leberverfettung zu sehen, was die Eignung dieser gereinigten Diät wie auch der synthetischen Diät zunächst erheblich einschränkt,solange nicht der im Fischmehl enthaltene unbekannte Faktor (PFEFFER und BARTE, 198o; BECKER, 1982), der diesem Geschehen vorbeugt, gefunden wird.

4.6. ERSATZ VON FISCHÖL DURCH SONNENBLUMENÖL

Bei Aussagen über den Lipidbedarf von Fischen ist insbesondere die Art bzw. die Stellung der Doppelbindungen in mehrfach ungesättigten Fettsäuren wertbestimmend. Nachdem für viele Tierarten insbesondere die ω 6 Serie der Fettsäuren als essentiell nachgewiesen wurde, wurde sie zunächst auch als essentiell für Fische akzeptiert. Daraufhin war es nicht überraschend, daß in der Folgezeit viele Forscher Fischdiäten mit pflanzlichen

Ölen, u.a. auch Sonnenblumenöl, die allgemein als reich an Linolsäure gelten, verwendeten (CASTELL, 1979).

Im Gegensatz zu dieser früheren Auffassung konzentriert sich der Bedarf insbesondere der Regenbogenforelle an essentiellen Fettsäuren vor allem auf die Linolensäure (18:3ω3) und liegt dabei um etwa 1 % der Diät bzw. 2,7 % der Diätenergie. Mangelsymptome bestehen dabei vor allem in Flossenerosionen, Herzmyopathien und Schocksyndrom sowie in Mitochondrienschwellung. Damit läßt sich pauschal sagen, daß die Linolensäure für Regenbogenforellen in etwa dieselbe Bedeutung hat wie die Linolsäure bei höheren Tierarten (CASTELL et al, 1972 a und b).

Andere Autoren bestätigten später diese Angaben und wiesen darüber hinaus auf eine weitere Mangelerscheinung hin: geschwollene und blasse Lebern mit erhöhtem Leberfettanteil (WATANABE et al, 1974 a; TAKEUCHI und WATANABE, 1976). Dabei scheint sich der Bedarf an Linolensäure mit steigendem Fettanteil in der Diät noch deutlich zu erhöhen, bei hohem Fettanteil bis zu 2 % der Diät (TAKEUCHI und WATANABE, 1977).

Andererseits diskutierten WATANABE und seine Mitarbeiter (1974b)auch das Bestehen von ergänzenden essentiellen Fettsäuren, die im Dorsch-Lebertran und im Sojabohnenöl enthalten sind und trotz eines relativ niedrigen Linolengehaltes (Dorsch-Lebertran nur o,6 %) zu hervorragenden Wachstumswerten führen.

Während nun Fischöle im allgemeinen reich an ω3 und arm an ω 6 Fettsäuren sind, damit also dem besonderen Bedarf von Forellen entsprechen, enthalten pflanzliche Öle viel ω6 und wenig ω3 Fettsäuren und sind damit weitgehend ungeeignet (YU und SINNHUBER, 1976).

Das hier Gesagte trifft nun auch für das in Versuch II anstelle von Fischöl verwendete Sonnenblumenöl zu. Sonnenblumenöl enthält Linolensäure nur in Spuren (BILEK, 1982). Einer Arbeit von STEFFENS und ALBRECHT (1975) ist zu entnehmen, daß der Gehalt in etwa bei 1 % liegt.

Ein ähnlicher Wert ist auch der Tabelle 45 von PFEFFER und Mitarbeitern (1980) zu entnehmen.

Tabelle 45 FETTSÄUREMUSTER IM SONNENBLUMENÖL (% der erfaßten Säuren)

Säure	%
14	0,5
16	8,7
16:1	0,4
18	3,7
18:1	19,5
18:2	62,8
18:3	1,3
20	2,0
20:1	-
22:1	-

Dies entspräche dann in etwa einem Linolensäuregehalt der Ration (12) mit Sonnenblumenöl in Versuch II B von ca. 0,15 % der Diät, also weit unter einem angenommenen Bedarf liegend.

Andererseits enthält Sonnenblumenöl sehr viel Linolsäure, nämlich bis zu 75 % 18:2 ω 6 (CASTELL, 1982). Damit ist das Verhältnis von Linolensäure zu Linolsäure im Sonnenblumenöl genau umgekehrt zu dem Verhältnis, wie YU und SINNHUBER (1976) es für optimales Wachstum fordern. Dieselben Autoren erreichten bei einem Trilinolin-Trilinol-Verhältnis von 1,5 % zu 1 % optimales Wachstum, während ein Verhältnis mit etwa

doppelt so viel Trilinol wie Trilinolin deutlich schlechtere Ergebnisse brachte.

Diesen Überlegungen widersprechen jedoch Arbeiten von PFEFFER und SCHULZ. So konnten PFEFFER et al (198o) den Ersatz von gehärtetem Fischöl durch Sonnenblumenöl in einem Versuch über 86 Tage als durchaus vertretbar bewerten. SCHULZ et al (1981) ernährten schließlich Regenbogenforellen mit 1o % Sonnenblumenöl in der Diät über 8o bis 1oo Tage. Dabei konnten sie weder erhöhte Sterblichkeit noch andere Mangelerscheinungen wie pathologisch anatomische Veränderungen an äußeren und inneren Organen feststellen.

Dem stehen jedoch die Ergebnisse des 2. Versuches gegenüber, welche die eingangs theoretisch postulierte schlechtere Eignung von Sonnenblumenöl bestätigen. Während auch hier zwar anfangs durchaus gute Wachstumswerte zu erzielen waren, kam es nach ca. 8 Wochen zu einem deutlichen Abfall im Vergleich zu den Werten der Fischölgruppe. Die Endergebnisse nach 14 Wochen Versuchsdauer mit einer um 25 % niedrigeren Lebendmassezunahme im Vergleich zur fischölhaltigen Ration (11) lassen den Schluß zu, daß Sonnenblumenöl als 1oo %iger Ersatz von Fischöl in der Ernährung von Regenbogenforellen ungeeignet ist. Zwar wurden auch in diesem Versuch ebensowenig wie in den Versuchen von SCHULZ und PFEFFER keine symptomatischen Mangelerscheinungen beobachtet, wie sie insbesondere von CASTELL et al (1972 a und b) und WATANABE et al (1974 a) beschrieben wurden. Fettlebern als Mangelsymptom können in diesem Versuch nicht auf Sonnenblumenöl zurückgeführt werden, da auch die anderen synthetischen Rationen dieses Erscheinungsbild erzeugten. Ebenso wurde eine Ablehnung des Futters durch die Tiere auch bei den anderen

Rationen, deren Proteinkomponente nicht aus FPC bestand, beobachtet, wenn auch nicht in so deutlichem Umfang.

Doch muß hier andererseits wieder darauf hingewiesen werden, daß Forellen sehr spät und mit deutlicher Verzögerung auf Mangelsituationen reagieren. Dies wird auch durch die Beobachtungen von WATANABE und seinen Mitarbeitern (1974 a) bestätigt. So zeigten sich bei ihnen in Rationsgruppen, einmal nur mit Methyllaurat, einmal sogar völlig fettfrei, die ersten Anzeichen eines Schocksyndroms (zuerst panikartige Reaktionen, dann Koma) als spezielles essentielle Fettsäuremangelsymptom erst nach 13 bis 18 Fütterungswochen. Da nun Sonnenblumenöl noch Spuren von Linolensäure aufweist, wäre mit den ersten Anzeichen eines Schocksyndroms möglicherweise nicht vor 4 bis 5 Monaten Versuchsdauer zu rechnen. Daß dies aber bei Forellen, deren Ration als einzige Fettquelle Sonnenblumenöl enthält, nicht ausbliebe, betont CASTELL (1982), indem er schreibt, daß Sonnenblumenöl kein guter Ersatz für Fischöl ist. Nach einiger Zeit, so vermutet er, würde Sonnenblumenöl zu verminderter Futterverwertung und schlechterem Wachstum führen, was in Versuch II bestätigt wurde.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Mit Hilfe verschiedener gereinigter und synthetischer Rationen sollten Anhaltspunkte für den Lysinbedarf von Forellen (S. gairdneri Richardson) gewonnen werden.

Insgesamt wurden 3 Versuche durchgeführt.

In Versuch I wurden verschiedene Mischungen von Casein mit/und Aminosäuren (RP: 35 %) bei unterschiedlichem Lysingehalt über 6 Wochen an insgesamt 45o Forellen (LM: ca. 1oo g) verfüttert. In Versuch II (14 Wochen) wurden gegenüber Versuch I geringfügig modifizierte Diäten mit und ohne Gelatine (RP: 35/26 %) insgesamt 8oo Forellensetzlingen angeboten (LM: ca. 12 g). In Versuch III wurden Aminosäuremischungen (AS) als alleinige Proteinträger (RP: 26 %) eingesetzt (8 Wochen Dauer, LM: ca. 24 g).

In den Versuchen I, II bzw. III wurden Forellen in einer offenen Kreislaufanlage bei 11°C (I) bzw. in angewärmtem (nur II) Frischwasser bei 1o°C (II) bzw. 11°C (III) gehalten.

Als Versuchskriterien dienten Gewichtsentwicklung und Futterverwertung sowie die Konzentration freien Lysins im venösen Blut. Zusätzlich wurden histologische Untersuchungen der Lebern (Stichproben) durchgeführt.

Mit Casein konnten Wachstumsraten wie mit Fischproteinkonzentrat (FPC) bei entsprechender Versuchsdauer (>6 Wochen) nicht erreicht werden. Casein bewirkte im Gegensatz zu FPC Fettlebern.

Nach 6 Wochen war Fischöl als Fettquelle Sonnenblumenöl überlegen.

Mit AS wurde geringeres Wachstum als mit Casein/AS erreicht. Die AS-Mischung, mit der schließlich beste Ergebnisse erhalten wurden, wies folgende Zusammensetzung (g) bei suboptimalem Rohproteingehalt der Ration auf: L-Arginin HCl 1,89; L-Histidin HCl H_2O 0,78; L-Lysin HCl 1,95; L-Tyrosin 1,00; L-Phenylalanin 1,46; DL-Methionin 0,75; L-Cystin 0,29; L-Tryptophan 0,27; L-Threonin 1,06; L-Leucin 2,44; L-Iso-Leucin 1,18; L-Valin 1,56; Glycin 2,25; L-Glutaminsäure 16,45 und L-Prolin 1,44.

Aus den Versuchen wird geschlossen, daß Experimente bei Forellen zur AS-Bedarfsermittlung mindestens 8 Wochen (besser 12 Wochen) geführt werden müssen.

In Rationen mit Casein und AS erwiesen sich 4,1 % Lysin im Protein noch als bedarfsdeckend, für AS als alleinige Proteinquelle wurden 4,1 bis 4,3 % Lysin im Protein in 2 Versuchen mit verschiedenen Schätzmethoden als bedarfsdeckend ermittelt. Die Bedarfsschätzungen erfahren durch die bei Verwendung von AS-Mischungen als einzige Proteinquelle entstandenen neoplastischen Veränderungen in der Leber (Gallengangsproliferationen, - infiltrationen und -carcinome) (II: 8/10; III: 7/30) eine Einschränkung.

In nahezu lysinfreien Rationen (Lysin $\leq$ 1 % vom RP) wurden bereits nach 2 bis 4 Wochen starke Verzehrsdepressionen beobachtet, denen sich parasitäre Hautveränderungen anschlossen, die bei gemeinsamer Haltung mit vollwertig ernährten Forellen nicht übertragbar waren.

5.1. SUMMARY

STUDIES ON LYSIN REQUIREMENTS OF RAINBOW TROUTS (S. GAIRDNERI RICHARDSON) FED PURIFIED DIETS

The lysine requirements of trouts should be estimated feeding various semipurified and purified diets.

A total of 3 experiments was performed.

In trial I different mixtures of casein with/and amino acids (AA) (35% CP) with different lysine levels were fed for 6 weeks to 45o trouts (BW: about 1oo g). In trial II (14 weeks) diets modified with and without gelatin were offered to 8oo trouts. In trial III AA served as sole source of dietary protein.

Trouts were raised in an open water circulating system at 11 ^{o} C, in preheated fresh water at 1o ^{o} C and in fresh water at 11 ^{o} C in trial I, II and III, respectively.

As experimental criteria, growth and feed conversion as well as the concentration of free plasma AA were measured. Additionally, some liver samples were morphologically examined.

Growth of fish protein concentrate (FPC) fed trouts was better than with casein if experimental length exceeded 6 weeks. In contrast to FPC feeding casein led to fatty livers.

Fishoil was superior to sunfloweroil as dietary fat source.

Growth rate and feed conversion of trout fed free AA were inferior to casein.

The composition of the AA mixture with best results (with lysine) is quite as follows: L-arginine HCl 1,89; L-histidine HCl H_2O o,78; L-lysine HCl 1,95; L-tyrosine 1,oo; L-phenylalanine 1,46; DL-methionine o,75; L-cystine o,29; L-tryptophan o,27; L-threonine 1,o6; L-leucine ?,44; L-iso-leucine 1,18; L-valine 1,56; glycine 2,25; L-glutamic-acid 16,45 and L-proline 1,44 (g).

From the results it is concluded, the minimum length of experiments for AA requirements determination should be at least 8 weeks, 12 weeks seem to be recomended.

As adverse effects of feeding exclusively AA, bile ducts proliferations and carcinoma could be observed (II: 8/1o; III: 7/3o).

For diets containing casein and AA mixtures, 4,1 % lysine in CP evidently cover the lysine requirements. With AA mixtures as sole source of dietary protein 4,1 - 4,3 % lysine in CP were estimated as lysine requirements using different techniques.

Feeding trials with strong lysine deficiency ($\leqq$ 1 % in CP) feed intake was remarkably depressed after 2 - 4 weeks. Increasing skin lesions by parasites were observed. The disease did not affect trouts with full lysine supply.

6. LITERATURVERZEICHNIS

ABDERHALDEN, E.: Fütterungsversuche mit vollständig abgebauten Nahrungsstoffen. Lösung des Problems der
(1912) künstlichen Darstellung der Nahrungsstoffe.
Hoppe-Seylers Zeitschriften physiol. Chem. 77, 22

ABDERHALDEN, E.: Weitere Beiträge zur Kenntnis von organischen Nahrungsstoffen mit spezifischer Wirkung. XV.
(1922) Ernährungsversuche mit künstlich dargestellten organischen Nahrungsstoffen und ferner mit aus organisch zusammengesetzten Nahrungsstoffen gewonnenen Bausteinen mit und ohne Zusatz von Nutraminen.
Pflügers Arch. ges. Physiol. Msch. u. Tiere 195, 199

ALBRECHT, M.L. und WÜNSCHE, J.: Der Gehalt an Aminosäuren im Protein niederer Wassertiere und dessen Be-
(1972) deutung für die Fischernährung.
Arch. Tierernährung 22, 423

ALMQUIST, J.J. und GRAU, C.R.: The amino acid requirements of the chick.
(1944) J. Nutr. 28, 325

AMLACHER, E.: Taschenbuch der Fischkrankheiten, 4. Auflage
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart - New York
(1981)

AOE, H., MASUDA, I., ABE, I., SAITO, T., TOYODA, T. und KITAMURA, S.: Nutrition of protein in young carp-I. Nutri-
(197o) tive value of free amino acids.
Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 36, 4o7

ANDREWS, J.W., PAGE, J.W. und MURRAY, M.W.: Supplementation of a semipurified casein diet for catfish with (1977) free amino acids and gelatin. J. Nutr. 107, 1153

APPELBAUM, S.: Zur Freßlust der Regenbogenforellen (Salmo gairdneri Richardson) bei der Aufnahme von (1980) aromatisiertem bzw. nicht aromatisiertem Futter. Arch. Fisch. Wiss. 31, 1, 21

ARAI, S., NOSE, T. und HASHIMOTO, Y.: Amino acids essential for the growth of eels, Anguilla anguilla and (1972) A. japonica. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 38 (7), 753

ARAI, S. und NOSE, T.: Private Mitteilung; zitiert nach COWEY, protein and amino acid requirement of finfish. (1978) S. 3 in Finfish Nutr. and Fishfeed Technology II, J.E. HALVER und K. TIEWS eds. Schriften der Bundesforschungsanstalt für Fischerei, 1979

BECKER, K.: Persönliche Mitteilung

(1982)

BILEK, G.: Persönliche Mitteilung

(1982)

BORMAN, A., WOOD, T.R., BLACK, H.C., ANDERSON, E.G., OESTERLING, M.J., WOMACK, M. und ROSE, W.C.: The role of (1946) arginine in growth with some observations on the effects of arginic acid. J. Biol. Chem. 166, 585

CASTELL, J.D., SINNHUBER, R.O., WALES, J.H. und LEE, D.J.:
Essential fatty acids in the diet of rainbow
(1972 a) trout (Salmo gairdneri): growth, feed conversion and some gross deficiency symptoms.
J. Nutr. 1o2, 77

CASTELL, J.D., SINNHUBER, R.O., LEE, D.J. und WALES, J.H.:
Essential fatty acids in the diet of rainbow
(1972 b) trout (Salmo gairdneri): growth, feed conversion and some gross deficiency symptoms.
J. Nutr. 1o2, 87

CASTELL, J.D.: Review of lipid requirement of finfish.
S. 59 in Finfish Nutr. and Fishfeed Technology I,
(1979) J.E. HALVER und K. TIEWS eds. Schriften der Bundesforschungsanstalt für Fischerei, 1979
ebenso in: EIFAC 1978 Symp. R. 9 1978

CASTELL, J.D. und TIEWS, K.: Report of the EIFAC, iuns and ices working group on standardization of
(198o) methology in fish nutrition research.
in: Food and Agriculture organisation of the United Nations Rome.
Eifac technical paper No. 36, Eifac T36

CASTELL, J.D.: Persönliche Mitteilung

(1982)

CHANCE, R.E.: Zitiert nach E.T. MERTZ; The protein and amino acid needs.
(1962) S. 1o5 in Fish Nutrition, J.E. HALVER ed., Academic Press, New York, London, 1972

CHANCE, R.E., MERTZ, E.T. und HALVER, J.E.: Nutrition of salmonoid fishes. XII. Isoleucine, leucine (1964) valine and phenylalanine requirements of chinook salmon and interrelations between isoleucine and leucine for growth. J. Nutr. 83, 177

COWEY, C.B.: Protein and amino acid requirements of finfish. (1979) S. 3 in Finfish Nutr. and Fishfeed Technology I, J.E. HALVER und K. TIEWS eds. Schriften der Bundesforschungsanstalt für Fischerei, 1979

COWEY, C.B., KNOX, D., WALTON, M.J. und ADRON, J.W.: The regulation of gluconeogenesis by diet and (1977) insulin in rainbow trout (Salmo gairdneri). Brit. J. of Nutr. 38, 463

COWEY, C.B., COOKE, D.J., MATTY, A.J. und ADRON, J.W.: Effects of quantity and quality of dietary protein on (1981) certain enzyme activities in rainbow trout. J. of Nutr. 111 (2), 336

De LONG, D.C., HALVER, J.E. und MERTZ, E.T.: Nutrition of salmonoid fishes. X. Quantitative threonine (1962) requirements of chinook salmon at two water temperatures. J. of Nutr. 76, 174

DEUFEL, J.: Über die Wirkung freier Kohlensäure auf Fische und die Ursache der Gasblasenkrankheit. (1976) S. 145 in Fisch und Umwelt 2, H. REICHENBACH-KLINKE Herausgeber, Fischer-Verlag, Stuttgart

ELLIS, R.H. und ROSE, W.C.: Feeding experiment with mixtures of highly purified amino acids. II. The supple- (1931) menting effect of proteins. J. Biol. Chem. 94, 167

ERGÜL, M.: (198o) Untersuchungen über den Gehalt an verfügbarem Lysin in türkischen Fischmehlen bei unterschiedlichen Lagerungsbedingungen. Z. Tierphysiol., Tierernährung und Futtermittelkde. 44, 252

GRAS, J., GUDEFIN, Y. und CHAGNY, F.: (1978) Free amino acids and ninhydrin-positive substances in fish - I. Muscle and skin of the rainbow trout (Salmo gairdnerii Richardson). Comparative Biochemistry and Physiology B 6o (4), 369

GROPP, J., KOOPS, H., TIEWS, K. und BECK, H.: (1976) Replacement of fish meal in trout feeds by other feedstuffs. S. 596 in Advances in Aquaculture, R.V.R. PILLAY and WIN. A. DILL eds. Fishing News Books Ltd. Farnham, Surrey England, 1976

GROPP, J.: (1982) Ernährung von Süßwasserfischen in der Intensivhaltung. Süßwasserfische Vermehren Erzeugen Vermarkten, BOHL, M. Herausgeber, DLG Verlag Frankfurt, 1982

HALVER, J.E.: (1957 a) Nutrition of salmonoid fishes. III. Water soluble vitamin requirements of chinook salmon. J. Nutr. 62, 225

HALVER, J.E.: (1957 b) Nutrition of salmonoid fishes. IV. An amino acid test diet for chinook salmon. J. Nutr. 62, 245

HALVER, J.E.: (1965) Tryptophan requirements of chinook, sockeye and silver salmon. Fed. Proc. 24, 229

HALVER, J.E.: (197o) Cold-water fish nutritional requirement. United States Department of the Interior. Fish and Wildlife Service. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, Resource Publication 1o2, 142
Report of the 197o Workshop on Fish Feed Technology and Nutrition.

HALVER, J.E., De LONG, D.C. und MERTZ, E.T.: (1957) Nutrition of salmonoid fishes. V. Classification of essential amino acids for chinook salmon. J. Nutr. 63, 95

HALVER, J.E., De LONG, D.C. und MERTZ, E.T.: (1958) Threonine and lysine requirements of chinook salmon. Fed. Proc. 17, 1873

HALVER, J.E., De LONG, D.C. und MERTZ, E.T.: (1959) Methionine and cystine requirements of chinook salmon. Fed. Proc. 18, 2o76

HALVER, J.E. und SHANKS, W.E.: (196o) Nutrition of salmonoid fishes. VIII. Indispensable amino acids for sockeye salmon. J. Nutr. 72, 34o

HARDING, D.E., ALLEN, O.W. jr. und WILSON, R.P.: (1977) Sulfur amino acid requirement of channel catfish. L-methionine and L-cystine. J. Nutr. 1o7, 2o31

HOKAZONO, S., TANAKA, Y., KATAYAMA, T., CHICHESTER, C.O. und SIMPSON, K.L.: (1979) Intestinal transport of L-lysine in rainbow trout, Salmo gairdneri. Bul. Jap. Soc. Sci. Fish. 45 (7), 845

JONES, J.D.: (1964) Lysine-arginine antagonism in the chick. J. of Nutr. 84, 313

JÜRSS, K.: (1980) The effect of changes in external salinity on the free amino acids and two aminotransferases of white muscle from fasted Salmo gairdneri Richardson. Comp. Biochem. and Phys. A 65 (4), 501

KAUSHIK, S. und LUQUET, P.: (1977) Study of free amino acids in rainbow trout in relation to salinity changes. I. Blood free amino acids during starvation. Ann. Hydrobiol. 1977 8 (2), 135

KAUSHIK, S.: (1979) Application of a biochemical method for the estimation of amino acid needs in fish: quantitative arginine requirements of rainbow trout in different salinities. S. 197 in Finfish Nutr. and Fishfeed Technology I, J.E. HALVER und K. TIEWS eds. Schriften der Bundesforschungsanstalt für Fischerei, 1979 ebenso: EIFAC 1978, Symp. E19

KAUSHIK, S. und LUQUET, P.: (1979) Influence of dietary amino acids patterns on the free amino acid contents of blood and muscle of rainbow trout (Salmo gairdnerii R.). Comp. Biochem. Physiol. B 64 (2), 175

KENYON, A.J.: (1967) The role of the liver in the maintenance of plasma proteins and amino acids in the eel, Anguilla anguilla L., with reference to amino acid deamination. Comp. Biochem. Physiol. 22, 169

KIM, K.I. und KAYES, T.B.: (1982) Test diet development and lysine requirement of rainbow trout. Fed. Proc. 41 (3), 716

KITAMIKADO, M., MORISHITA, T. und TACHINO, S.: Digestibility of dietary protein in rainbow trout - II. Effect of starch and oil contents in diets, and size of fish. (1964 b) Bill. Jap. Soc. Sci. 3o, 5o

KLEIN, R.G. und HALVER, J.E.: Nutrition of salmonoid fishes: arginine and histidine requirements of chinook and coho salmon. (197o) J. Nutr. 1oo, 11o5

KLOPPEL, T.M. und POST, G.: Histological alterations in tryptophan-deficient rainbow trout. (1975) J. of Nutr. 1o5, 861

KÖNIG, K.: Entwicklung einer vollsynthetischen Ration für Hühnerküken. (1974) Med. Vet. Dissertation, Universität München

KÜCHLE, H.M.: Futterwert und Verträglichkeit von Probion FM 43o bei Regenbogenforellen (Salmo gairdneri R.). (1981) Med. Vet. Dissertation, Universität München

LALL, S.P. und BISHOP, F.J.: Studies on the nutrient requirements of rainbow trout, Salmo gairdneri, grown in sea water and fresh water. (1976) Advances in Aquaculture 58o

LEE, D.J. und PUTNAM, G.B.: The response of rainbow trout to varying protein-energy rations in a test diet. (1973) J. Nutr. 1o3, 916

LEHMANN, J. und STÜRENBERG, F.J.: Techniken zur Blutentnahme bei Süßwasserfischen. (198o) Fisch und Umwelt, 77

LIEDER, U.: (1979) Funktionsprinzipien der potenzierten Wassernutzung in offenen Kreislaufanlagen zur industriemäßigen Fischproduktion. Z. Binnfisch. (DDR) 26 (11), 334

MERTZ, E.T.: (1969) Amino acid and protein requirements of fish. S. 233 in Fish in Research, O.W. NEUHAUS, J.E. HALVER eds. Academic Press, New York, London

MERTZ, E.T.: (1972) The protein and amino acid needs. S. 1o5 in Fish Nutrition, J.E. HALVER ed. Academic Press, New York, London, 1972

MURAI, T., AKIYAMA, T. und NOSE, T.: (1981) Use of crystalline amino acids coated with casein in diets for carp. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 47 (4), 523

NOSE, T. und ARAI, S.: (1972) Optimum level of protein in purified diet for eel, Anguilla Japonica. Bull. Fresh. Fish. Res. Lab. 22, 145

NOSE, T., ARAI, S., LEE, D.L. und HASHIMOTO, Y.: (1974) A note on amino acids essential for growth of young carp. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 4o, 9o3

NOSE, T.: (1979) Summary report on the requirement of essential amino acids for carp. S. 145 in Finfish Nutr. and Fishfeed Technology I, J.E. HALVER und K. TIEWS eds. Schriften der Bundesforschungsanstalt für Fischerei, 1979

O'DELL, B.L. und SAVAGE, J.E.: (1966) Arginine-lysine antagonism in the chick and its relationship to dietary cations. J. of Nutr. 9o, 364

OGINO, C.: Requirements of carp and rainbow trout for essential amino acids.
(1980) Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 46 (2), 171

OSBORNE, T.B. und MENDEL, L.B.: Amino acids in nutrition and growth.
(1914) J. Biol. Chem. 17, 235

PFEFFER, E. und BARTE, A.: Einflüsse der Protein- und Fettträger im Futter auf die Leber-Verfettung
(1980) bei Regenbogenforellen (Salmo gairdneri R.).
Z. Tierphysiol., Tierernährg. und Futtermittelkde. 44, 172

PFEFFER, E., PETRASCH, R. und ECKHARDT, O.: Untersuchungen über mögliche Protein- und Fettträger in
(1980) gereinigten Diäten für Regenbogenforellen (Salmo gairdneri R.).
Z. Tierphysiol., Tierernährg. und Futtermittelkde. 43, 254

PLAKAS, S.M., KATAYAMA, T., TANAKA, Y. und DESHIMARU, O.: Changes in the levels of circulating plasma
(1980) free amino acids of carp (Cyprinus Carpio) after feeding a protein and an amino acid diet of similar composition.
Aquaculture 21, 307

POSTON, H.A., RIIS, R.C., RUMSEY, G.L. und KETOLA, H.G.: The effect of supplemental dietary amino
(1977) acids, minerals and vitamins on salmonids fed cataractogenic diets.
Cornell Vet. 67, 472

REITER, M.: (1980) Med. Vet. Dissertation, Universität München, in Vorbereitung

ROBINSON, E.H., POE, W.E. und WILSON, R.P.: (1979) Phenylalanine requirement of channel catfish. Fed. Proc. 38, 284

ROBINSON, E.H., ALLEN, O.W. jr., POE, W.E. und WILSON, R.P.: (1978) Utilization of dietary sulfur compounds by fingerling channel catfish: L- methionine, DL-methionine, methionine hydroxy analogue, taurine and inorganic sulfate. J. of Nutr. 108, 1932

ROBINSON, E.H., WILSON, R.P. und POE, W.E.: (1980 a) Total aromatic amino acid requirement, phenylalanine requirement and tyrosine replacement value for fingerling channel catfish. J. of Nutr. 110, 1805

ROBINSON, E.H., WILSON, R.P. und POE, W.E.: (1980 b) Re-evaluation of the lysine requirement and lysine utilization by fingerling channel catfish. J. of Nutr. 110, 2313

ROBINSON, E.H., WILSON, R.P. und POE, W.E.: (1981) Arginine requirement and apparent absence of a lysine-arginine antagonist in fingerling channel catfish. J. of Nutr. 111, 46

ROSE, W.C.: (1931) Feeding experiments with mixtures of highly purified amino acids. I. The inadequacy of diets containing nineteen amino acids. J. Biol. Chem. 94, 155

ROSE, W.C.: (1938) The nutritive significance of the amino acids. Physiol. Rev. 18, 109

ROSE, W.C., SMITH, L.C., WOMACK, M. und SHANE, M.: (1949) The utilization of the nitrogen of ammonium salts, urea and certain other compounds in the synthesis of non-essential amino acids in vivo. J. Biol. Chem. 181, 307

RUCKER, R.R.: (1972) Gas-bubble disease of Salmonids: a critical review. U.S. Dept. of the Interior, Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, Technical Papers No. 58, 11

RUMSEY, G.L. und KETOLA, H.G.: (1975) Amino acid supplementation of casein in diets of atlantic salmon (Salmo Salar) fry and of soybean meal for rainbow trout (Salmo gairdneri) fingerlings. J. Fish. Res. Board Can. 32 (3), 422

RUNGRUANGSAK, K. und UTNE, F.: (1981) Effect of different acidified wet feeds on protease activities in the digestive tract and on growth rate of rainbow trout (Salmo gairdneri Richardson). Aquaculture 22, 67

RYCHLY, J. und SPANNHOF, L.: Nitrogen balance in trout. I. Digestibility of diets containing varying (1979) levels of protein and carbohydrate. Aquaculture 16, 39

SACHS, L.: Statistische Methoden - ein Soforthelfer. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New (197o) York, 197o

SATIA, B.P.: Quantitative protein requirements of rainbow trout. (1974) Progr. Fish Cult. 36, 8o

SCHLISIO, W. und NICOLAI, B.: Kinetic investigations on the behaviour of free amino acids in the plasma (1977) and of two amino transferases in the liver of rainbow trout (Salmo gairdneri Richardson) after feeding on a synthetic composition containing pure amino acids. Comp. Biochem. and Phys. B. 59 (4), 373

SCHMEING-ENGBERDING, F.: Die Vorzugstemperaturen einiger Knochenfische und ihre physiologische Be- (1953) deutung. Z. Fisch. 2, N.F. 125

SCHULZ, D., HARTFIEL, W. und GREUEL, E.: Eignung einer gereinigten Diät für vergleichende Unter- (1981) suchungen an Regenbogenforellen (Salmo gairdnerii, R.) und Coho-Lachsen (Oncorhynchus Kisutch). Z. Tierphysiol., Tierernährg. und Futtermittelkde. 45, 252

SHANKS, W.E., GAHIMER, G.D. und HALVER, J.E.: Zitiert nach E.T. MERTZ: The protein and amino acid need. (1962) S. 1o5 in Fish Nutrition, J.E. HALVER ed. Academic Press New York , London, 1972

SINNHUBER, R.O., HENDRICKS, J.D., WALES, J.H. und PUTNAM, G.B.: Neoplasms in rainbow trout, a sensitive animal (1977) model for environmental carcinogenesis. Annals New York Academy of Sciences, 298, 389

SNIESZKO, S.F.: Lipoid liver degeneration and Viral Hemorrhagic Septicemia. (1972) S. 244 in Fish Nutrition, J.E. HALVER ed. Academic Press New York, London, 1972

STEFFENS, W. und ALBRECHT, M.L.: Der Einfluß des Zusatzes unterschiedlicher Fette zum Trockenmisch- (1975) futter auf Wachstum und Futterverwertung von Regenbogenforellen (Salmo gairdneri). Arch. Tierernährg. 25, 717

STEFFENS, W. und ALBRECHT, M.L.: Untersuchungen über die Möglichkeiten zur Senkung des Fischmehl- (1976) anteils im Futter für Regenbogenforellen (Salmo gairdneri). Arch. Tierernährg. 26, 285

TAKEUCHI, T. und WATANABE, T.: Nutritive value of ω 3 highly unsaturated fatty acids in pollock liver oil (1976) for rainbow trout. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 42, 9o7

TAKEUCHI, T. und WATANABE, T.: Dietary levels of methyl laurate and essential fatty acid requirement of rainbow trout. (1977) Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 43 (7), 893

TIEWS, K., KOOPS, G., GROPP, J. und TIEWS, J.: Über die Körperzusammensetzung netzkäfiggehaltener Forellen (Salmo gairdneri) in Abhängigkeit von Fütterung und Wachstum. (1973) Arch. Fisch Wiss. 24, 261

WATANABE, T., TAKASHIMA, F. und OGINO, C.: Effect of dietary methyl linolenate on growth of rainbow trout. (1974 a) Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 4o, 181

WATANABE, T., OGINO, C., KOSHIISHI, Y. und MATSUNAGA, T.: Requirement of rainbow trout for essential (1974 b) fatty acids. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 4o, 493

WILSON, R.P., HARDING, D.E. und GARLING, D.L. jr.: Effect of dietary pH on amino acid utilization and (1977) the lysine requirement of fingerling channel catfish. J. Nutr. 1o7, 166

WILSON, R.P., ALLEN, O.W. jr., ROBINSON, E.H. und POE, W.E.: Tryptophan and threonine requirements of (1978) fingerling channel catfish. J. Nutr. 1o8, 1595

WILSON, R.P., POE, W.E. und ROBINSON, E.H.: Leucine, isoleucine, valine and histidine requirements (198o) of fingerling channel catfish. J. Nutr. 11o, 627

WINDUS, W., CATHERWOOD, F.L. und ROSE, W.C.: Feeding experiments with mixtures of highly purified amino
(1931) acids. III. The supplementing effect of casein fractions.
J. Biol. Chem. 94, 173

WOMACK, M. und ROSE, W.C.: The role of proline, hydroxyproline and glutamic acid in growth.
(1947) J. Biol. Chem. 171, 37

WOOD, E.M., YASUTAKE, W.T., WOODALL, A.N. und HALVER, J.E.: The nutrition of salmonoid fishes. II.
(1957) Studies on production diet.
J. Nutr. 61, 479

YU, T.C. und SINNHUBER, R.O.: Growth response of rainbow trout (Salmo gairdneri) to dietary ω3
(1976) and ω6 fatty acids.
Aquaculture 8, 3o6

Tabelle A1 Wiegeergebnisse (Hauptperiode): Gewicht pro Einzelfisch
5 Fische pro Becken - 5 Wiederholungen - Versuch I

Code Nr.		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
FPC (%)		3o,o	-	-	-	-	-	-	-	-
Casein (%)		-	25,o	2o,o	15,o	15,o	-	25,o	2o,o	15,o
AS m.Lys (%)		-	5,9	11,7	17,6	17,6	35,2	-	-	-
AS o.Lys (%)		-	-	-	-	-1)	-	5,5	11,1	16,6
Gelatine (%)		1o,o	1o,o	1o,o	1o,o	1o,o	1o,o	1o,o	1o,o	1o,o
RP gesamt		34,o	34,2	34,3	34,5	34,5	35,o	33,9	33,7	33,6
Lys.%v.RP		6,o	7,1	6,7	6,4	6,4	5,5	6,3	5,3	4,3
1.Wiegung:Wdhnr.	1)	111,78	111,4o	112,32	111,84	112,oo	112,9o	111,52	11o,98	112,7o
	2)	113,4o	112,oo	112,44	112,9o	111,4o	111,92	111,14	112,34	112,98
	3)	111,7o	112,24	111,9o	112,3o	111,3o	11o,98	11o,98	112,oo	112,1o
	4)	112,34	112,9o	112,2o	112,7o	11o,98	113,16	111,3o	113,22	111,56
	5)	112,2o	112,32	112,46	112,2o	112,4o	112,o2	112,42	112,74	111,9o
	x̄	112,28	112,17	112,26	112,39	111,72	112,2o	111,47	112,26	112,25
2.Wiegung:Wdhnr.	1)	116.1o	112,2o	125,2o	127,22	121,1o	126,44	123,o6	12o,62	116,92
	2)	116,22	124,44	122,84	126,26	1o9,o2	113,74	119,3o	111,66	121,86
	3)	115,7o	115,2o	111,32	12o,46	115,5o	112,4o	122,o6	126,28	117,42
	4)	113,44	126,6o	127,o4	124,6o	117,26	123,88	114,oo	125,o4	115,7o
	5)	122,88	125,26	115,46	114,12	1o9,5o	1o8,6o	129,72	116,8o	125,46
	x̄	116,87	12o,74	12o,37	122,53	114,48	117,o1	121,63	12o,o8	119.47
3.Wiegung:Wdhnr.	1)	117,76	12o,oo	143,2o	124,96	134,7o	137,8o	136,o4	144,86	125,52
	2)	12o,96	143,52	142,oo	14o,4o	113,14	118,5o	128,1o	126,56	137,6o
	3)	116,68	137,28	119,36	133,84	12o,42	122,22	136,8o	134,78	124,3o
	4)	118,1o	144,2o	14o,28	14o,52	128,2o	136,o8	124,56	14o,74	131,28
	5)	131,44	139,12	121,64	128,oo	119,5o	1o7,2o	147,7o	125,26	139,96
	x̄	12o,99	136,82	133,3o	133,54	123,19	124,36	134,64	134,44	131,73

1) Auf pH7 neutralisiert.

Die Werte über die Rationszusammensetzung wurden bis auf eine Kommastelle der Übersichtlichkeit halber aufgerundet. Die genauen Werte sind der Versuchsanlage zu entnehmen.

Tabelle A2 SPEZIFISCHE WACHSTUMSRATEN IN DEN EINZELNEN VERSUCHSABSCHNITTEN - VERSUCH I -

5 Fische pro Becken - 5 Wiederholungen

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
FPC (%)	3o,o	-	-	-	-	-	-	-	-
Casein (%)	-	25,o	2o,o	15,o	15,o	-	25,o	2o,o	15,o
AS m.Lys(%)	-	5,9	11,7	17,6	17,6	35,2	-	-	-
AS o.Lys(%)	-	-	-	-	-1)	-	5,5	11,1	16,6
Gelatine(%)	1o,o	1o,o	1o,o	1o,o	1o,o	1o,o	1o,o	1o,o	1o,o
RP gesamt	34,o	34,2	34,3	34,5	34,5	35,o	33,9	33,7	33,6
Lysin % v. RP	6,o	7,1	6,7	6,4	6,4	5,5	6,3	5,3	4,3
1. - 3. Woche	o,19	o,34	o,33	o,41	o,11	o,19	o,41	o,32	o,3o
s	o,13	o,22	o,23	o,19	o,19	o,25	o,19	o,22	o,14
Relat.	(1oo)	(179)	(174)	(216)	(58)	(1oo)	(216)	(168)	(158)
4. - 6. Woche	o,16	o,59	o,48	o,41	o,35	o,28	o,48	o,53	o,46
s	o,1o	o,17	o,17	o,25	o,13	o,19	o,1o	o,2o	o,13
Relat.	(1oo)	(369)	(3oo)	(256)	(219)	(175)	(3oo)	(331)	(288)

1) Auf pH7 neutralisiert.

Die Werte über die Rationszusammensetzung wurden bis auf eine Kommastelle zur besseren Übersicht aufgerundet. Die genauen Werte sind der Versuchsanlage zu entnehmen.

Tabelle A3 3 WOCHENERGEBNISSE (HAUPTPERIODE): LEBENDMASSE (LM), WACHSTUM (LMZ und α), FUTTERVERZEHR (FVZ) UND FUTTERVERWERTUNG (gLMZ/kg FUTTER TS) - VERSUCH I -

5 Fische pro Becken - 5 Wiederholungen

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
FPC (%)	3o,o	-	-	-	-	-	-	-	-
Casein (%)	-	25,o	2o,o	15,o	15,o	-	25,o	2o,o	15,o
AS m.Lys(%)	-	5,9	11,7	17,6	17,6	35,2	-	-	-
AS o.Lys(%)	-	-	-	-	-1)	-	5,5	11,1	16,6
Gelatine(%)	1o,o	1o,o	1o,o	1o,o	1o,o	1o,o	1o,o	1o,o	1o,o
RP gesamt	34,o	34,2	34,3	34,5	34,5	35,o	33,9	33,7	33,6
Lysin % v. RP	6,o	7,1	6,7	6,4	6,4	5,5	6,3	5,3	4,3
LM(g)VB	112,3	112,2	112,3	112,4	111,7	112,2	111,5	112,3	112,3
s	o,6	o,5	o,2	o,4	o,5	o,8	o,5	o,8	o,5
3 Wochen	116,9	12o,7	12o,4	122,5	114,5	117,o	121,6	12o,1	119,5
s	3,2	5,9	6,o	4,8	4.6	6,9	5,1	5,4	3,7
Relat.	(1oo)	(1o3)	(1o3)	(1o5)	(98)	(1oo)	(1o4)	(1o3)	(1o2)
LMZ(g)	4,6	8,6	8,1	1o,1	2,8	4,8	1o,2	7,8	7,2
s	3,3	5,5	5,9	4,7	4,7	6,3	4,8	5,4	3,6
Relat.	(1oo)	(187)	(176)	(22o)	(61)	(1o4)	(222)	(17o)	(157)
α	o,19	o,34	o,33	o,41	o,11	o,19	o,41	o,32	o,3o
s	o,13	o,22	o,23	o,19	o,19	o,25	o,19	o,22	o,14
Relat.	(1oo)	(179)	(174)	(216)	(58)	(1oo)	(216)	(168)	(158)
FVZ(g)	29,3	29,3	29,3	29,3	29,2	29,3	29,1	29,3	29,3
s	o,2	o,1	o,1	o,1	o,1	o,2	o,1	o,2	o,1
Relat.	(1oo)	(1oo)	(1oo)	(1oo)	(1oo)	(1oo)	(99)	(1oo)	(1oo)
FVW(g/kg)	157	292	278	346	95	163	349	267	246
s	111	188	195	162	162	214	162	186	123
Relat.	(1oo)	(186)	(177)	(22o)	(61)	(1o4)	(222)	(17o)	(157)
Verluste(n)	2	2	2	-	-	5	-	-	1

1) Auf pH7 neutralisiert.

Die Werte über die Rationszusammensetzung wurden bis auf eine Kommastelle zur besseren Übersicht aufgerundet. Die genauen Werte sind der Versuchsanlage zu entnehmen.

Tabelle A4 KONZENTRATION FREIER AMINOSÄUREN IM BLUTPLASMA IN ABHÄNGIGKEIT VOM FÜTTERUNGSZEITPUNKT - VERSUCH I -

Futter mit FPC (1)

n = 2 Proben (2 Tiere/Probe)

AS	3o'	6o'	12o'	18o'	36o'
Thr	4,77	3,53	2,75	3,51	2,29
R	4,33	o,59	o,44	-	o,48
Val	4,9o	4,37	3,85	4,68	3,86
R	1,14	o,45	1,13	o,99	o,65
Cys	o,16	o,15	o,12	o,2o	o,15
R	-	-	-	o,14	o,o8
Met	o,85	1,27	1,36	1,43	o,71
R	o,24	o,5o	o,56	o,13	o,1o
Leu	4,48	3,85	2,99	4,o3	3,13
R	1,11	o,47	1,o1	o,o5	o,19
Ile	3,23	2,38	1,97	2,24	o,79
R	-	-	-	-	-
Tyr	o,44	o,48	o,56	o,51	o,15
R	o,52	o,17	o,38	o,24	o,oo
Phe	1,14	1,37	1,23	1,49	o,83
R	o,58	o,61	o,5o	o,16	o,37
Lys	5,66	5,31	5,14	6,27	4,16
R	3,98	1,54	1,69	o,29	1,27
His	o,69	1,o8	o,91	o,82	o,76
R	o,21	o,16	o,54	o,o7	o,o7
Arg	3,o6	4,61	5,94	7,33	5,1o
R	o,86	1,35	3,86	o,55	2,33
Asp	1,5o	o,99	o,76	o,88	o,69
R	o,88	o,4o	o,47	-	o,o6
Ser	4,38	5,25	4,34	5,75	5,o4
R	2,54	1,o1	2,12	-	2,oo
Glu	3,7o	3,18	1,96	2,47	2,oo
R	1,78	o,93	o,39	-	o,29
Gly	8,o8	9,56	7,76	9,73	8,o7
R	-	-	-	-	-
Ala	7,97	8,87	7,25	7,48	6,27
R	1,27	1,47	o,43	-	2,86
Orn	o,96	o,87	o,83	1,3o	o,51
R	o,6o	o,21	o,o6	-	o,o1
Gln	1,46	1,49	o,45	o,37	o,46
R	2,41	2,61	o,55	-	o,56
NH_3	o,88	1,o3	o,38	o,62	o,37
R	o,o3	o,14	o,21	-	o,o6

Wenn bei R kein Wert angegeben ist, resultiert die Angabe nur aus 1 Wiederholung.

Tabelle A5 Wiegeergebnisse: Gewicht pro Einzelfisch - Versuch II A -
25 Fische pro Becken: Code (1) - (4): 2 Wdh.; Code (5) - (8): 3 Wdh.

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)[2]	(7)	(8)
Casein (%)	15,o	15,o	-	-	-	-	-	-
Aminosäuren(%)[1]	17,6	18,2	35,2	36,4	35,2	36,4	35,8	35,5
Gelatine (%)	1o,o	1o,o	1o,o	1o,o	-	-	-	-
RP gesamt	34,5	34,5	35,o	35,o	26,o	26,o	26,o	26,o
Lysin % v. RP	6,4	4,1	5,5	1,o	6,o	o,o	3,o	4,5
1.Wiegung:Wdhnr. 1)	11,748	11,7o8	11,728	11,66o	11,776	11,788	11,7o8	11,6[illegible]
2)	11,7oo	11,76o	11,816	11,792	11,82o	11,668	11,764	11,85[illegible]
3)	-	-	-	-	11,692	11,68o	11,784	11,82[illegible]
$\bar{x}$	11,724	11,734	11,772	11,726	11,763	11,712	11,752	11,76[illegible]
2.Wiegung:Wdhnr. 1)	13,532	13,76o	13,472	13,612	12,884	13,16o	12,836	13,[illegible]1o
2)	13,628	13,88o	13,372	13,572	12,976	12,456	12,964	13,2[illegible]
3)	-	-	-	-	12,492	12,22o	13,o16	13,o2[illegible]
$\bar{x}$	13,58o	13,82o	13,422	13,592	12,764	12,279	12,939	13,o[illegible]7
3.Wiegung:Wdhnr. 1)	16,616	16,864	16,56o	14,52o	15,152	11,8o8	15,1oo	15,17[illegible]
2)	16,884	16,896	16,2o4	14,7oo	15,4o8	12,244	15,336	15,4[illegible]
3)	-	-	-	-	14,28o	12,2o4	14,872	15,248
$\bar{x}$	16,75o	16,88o	16,382	14,61o	14,947	12,o85	15,1o3	15,[illegible]oo
4.Wiegung:Wdhnr. 1)	2o,4o8	2o,38o	19,848	15,428	17,536	11,668	17,48o	17,56o
2)	2o,556	2o,112	19,224	14,6o8	17,956	11,64o	17,452	18,o1[illegible]
3)	-	-	-	-	16,228	11,868	16,192	17,696
$\bar{x}$	2o,482	2o,246	19,536	15,o18	17,24o	11,725	17,o41	17,756
5.Wiegung:Wdhnr. 1)	23,688	23,692	22,332	15,468	2o,248	12,1oo	19,8oo	2o,o[illegible]
2)	24,196	23,976	22,2oo	14,484	2o,944	11,36o	19,636	2o,784
3)	-	-	-	-	18,36o	11,284	17,72o	2o,48o
$\bar{x}$	23,942	23,834	22,266	14,976	19,851	11,581	19,o52	2o,4[illegible]

Code Nr.		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
6.Wiegung:Wdhnr.	1)	26,192	26,236	24,652	15,192	22,572	(12,832)[3]	21,476	22,1oo
	2)	26,288	27,152	24,512	13,868	23,1oo	11,36o	21,296	22,28o
	3)	-	-	-	-	2o,1o8	1o,916	18,92o	2o,644
	x	26,24o	26,694	24,582	14,53o	21,927	11,138	2o,564	22,341
7.Wiegung:Wdhnr.	1)	28,928	29,312	27,592	14,868	25,48o	(14,344)[3]	2,884	24,156
	2)	29,872	3o,524	26,816	13,812	25,228	11,264	23,ooo	24,568
	3)	-	-	-	-	21,8o8	1o,76o	21,o16	24,572
	x	29,4oo	29,918	27,2o4	14,34o	24,172	11,o12	22,3oo	24,432
8.Wiegung:Wdhnr.	1)	3o,832	31,o92	3o,1o4	14,328	26,868	(14,924)[3]	23,928	26,344
	2)	32,568	32,636	29,228	13,428	26,712	11,136	24,54o	26,o64
	3)	-	-	-	-	23,468	1o,464	22,936	25,968
	x	31,7oo	31.864	29,666	13,878	25,683	1o,8oo	23,9o1	26,125

1) Die geringgradig variierenden Werte zwischen Code(1)und(2)und Code(3)bis(8)resultieren aus dem N-äquivalenten Ausgleich zwischen Lysin und Glutaminsäure.

2) Bei Ration(6)waren 3 Wiederholungen geplant, die Werte zu Versuchsende beziehen sich jedoch nur auf 2 Wiederholungen, da eines dieser Becken während des Versuches auf eine andere Futterzusammenstellung (Ration(5))umgestellt wurde. Die daraufhin ermittelten Werte sind in Klammern gesetzt und durch eine hochgestellte 3) gekennzeichnet und wurden nicht mehr in den Mittelwert miteinbezogen.

Die Werte über die Rationszusammensetzung wurden bis auf eine Kommastelle zur besseren Übersicht aufgerundet. Die genauen Werte sind der Versuchsanlage zu entnehmen.

Diese Werte dienen als Grundlage für alle folgenden Berechnungen.

Tabelle A6 SPEZIFISCHE WACHSTUMSRATEN IN DEN EINZELNEN VERSUCHSABSCHNITTEN - VERSUCH II A -

25 Fische pro Becken

Code (1) - (4): 2 Wiederholungen
Code (5) - (8): 3 Wiederholungen

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Casein (%)	15,00	15,00	-	-	-	-	-	-
AS o.Lys(%)	16,63	16,63	33,26	33,26	33,26	33,26	33,26	33,26
L-Lys HCl(%)	0,98	-	1,95	-	1,95	-	0,98	1,46
L-Glu-sre(%)	-	1,57	-	3,14	-	3,14	1,57	0,78
Gelatine (%)	10,00	10,00	10,00	10,00	-	-	-	-
RP gesamt	34,5	34,5	35,0	35,0	26,0	26,0	26,0	26,0
Lysin % v. RP	6,4	4,1	5,5	1,0	6,0	0,0	3,0	4,5
1.u.2.Wo.	1,06	1,18	0,95	1,06	0,58	0,34	0,69	0,75
R	0,09	0,03	0,11	0,10	0,20	0,25	0,05	0,10
Relat.	(183)	(203)	(164)	(183)	(100)	(59)	(119)	(129)
3.u.4.Wo.	1,51	1,44	1,44	0,52	1,13	-0,11	1,11	1,13
R	0,06	0,05	0,11	0,11	0,27	0,20	0,25	0,03
Relat.	(134)	(127)	(127)	(46)	(100)	(-10)	(98)	(100)
5.u.6.Wo.	1,45	1,31	1,27	0,20	1,02	-0,22	0,86	1,07
R	0,06	0,11	0,07	0,47	0,18	0,27	0,44	0,04
Relat.	(142)	(128)	(125)	(20)	(100)	(-22)	(84)	(105)
7.u.8.Wo.	1,12	1,17	0,94	-0,02	1,01	-0,09	0,80	1,00
R	0,10	0,18	0,18	0,08	0,22	0,62	0,24	0,12
Relat.	(111)	(116)	(93)	(-2)	(100)	(-9)	(79)	(99)
9.u.10.Wo.	0,66	0,81	0,71	-0,22	0,71	-0,12	0,54	0,65
R	0,13	0,16	0,00	0,18	0,13	0,24	0,11	0,22
Relat.	(93)	(114)	(100)	(-31)	(100)	(-17)	(76)	(92)
11.u.12.Wo.	0,82	0,82	0,73	-0,09	0,69	-0,08	0,58	0,64
R	0,21	0,04	0,16	0,12	0,29	0,04	0,30	0,11
Relat.	(119)	(119)	(106)	(-13)	(100)	(-12)	(84)	(93)
13.u.14.Wo.	0,54	0,45	0,62	-0,23	0,44	-0,14	0,50	0,48
R	0,16	0,06	0,00	0,06	0,15	0,12	0,31	0,22
Relat.	(123)	(102)	(141)	(-50)	(100)	(-32)	(114)	(109)

Die Werte über die Rationszusammensetzung wurden bis auf zwei Kommastellen zur besseren Übersicht aufgerundet. Die genauen Werte sind der Versuchsanlage zu entnehmen.

Tabelle A7 2 WOCHENERGEBNISSE: LEBENDMASSE (LM), WACHSTUM (LMZ und α), FUTTERVERZEHR (FVZ) UND FUTTERVERWERTUNG (gLMZ/kg FUTTER TS) - VERSUCH II A -

25 Fische pro Becken

Code (1) - (4): 2 Wiederholungen
Code (5) - (8): 3 Wiederholungen

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Casein (%)	15,00	15,00	-	-	-	-	-	-
AS o.Lys(%)	16,63	16,63	33,26	33,26	33,26	33,26	33,26	33,26
L-Lys HCl(%)	0,98	-	1,95	-	1,95	-	0,98	1,46
L-Glu-sre(%)	-	1,57	-	3,14	-	3,14	1,57	0,78
Gelatine (%)	10,00	10,00	10,00	10,00	-	-	-	-
RP gesamt	34,5	34,5	35,0	35,0	26,0	26,0	26,0	26,0
Lysin % v. RP	6,4	4,1	5,5	1,0	6,0	0,0	3,0	4,5
LM(g)VB	11,7	11,7	11,8	11,7	11,8	11,7	11,8	11,8
R	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
2 Wochen	13,6	13,8	13,4	13,6	12,8	12,3	12,8	13,1
R	0,1	0,1	0,1	0,0	0,5	0,3	0,2	0,3
Relat.	(106)	(108)	(105)	(106)	(100)	(96)	(101)	(102)
LMZ(g)	1,9	2,1	1,7	1,9	1,0	0,6	1,2	1,3
R	0,1	0,1	0,2	0,2	0,4	0,4	0,1	0,2
Relat.	(190)	(210)	(170)	(190)	(100)	(60)	(120)	(130)
α	1,06	1,18	0,95	1,06	0,58	0,34	0,68	0,75
R	0,09	0,03	0,11	0,10	0,20	0,25	0,05	0,10
Relat.	(183)	(203)	(146)	(183)	(100)	(59)	(110)	(129)
FVZ(g)	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
R	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Relat.	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)
FVW(g/kg)	807	907	718	811	436	248	516	568
R	65	30	79	74	156	175	44	74
Relat.	(185)	(208)	(165)	(186)	(100)	(57)	(118)	(130)
Verluste(n)	-	-	-	-	-	-	-	-

Die Werte über die Rationszusammensetzung wurden bis auf zwei Kommastellen zur besseren Übersicht aufgerundet. Die genauen Werte sind der Versuchsanlage zu entnehmen.

Tabelle A8 4 WOCHENERGEBNISSE: LEBENDMASSE (LM), WACHSTUM (LMZ und α), FUTTERVERZEHR (FVZ) UND FUTTERVERWERTUNG (gLMZ/kg FUTTER TS) - VERSUCH II A -

25 Fische pro Becken

Code (1) - (4): 2 Wiederholungen
Code (5) - (8): 3 Wiederholungen

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Casein (%)	15,oo	15,oo	-	-	-	-	-	-
AS o.Lys(%)	16,63	16,63	33,26	33,26	33,26	33,26	33,26	33,26
L-Lys HCl(%)	o,98	-	1,95	-	1,95	-	o,98	1,46
L-Glu-sre(%)	-	1,57	-	3,14	-	3,14	1,57	o,78
Gelatine (%)	1o,oo	1o,oo	1o,oo	1o,oo	-	-	-	-
RP gesamt	34,5	34,5	35,o	35,o	26,o	26,o	26,o	26,o
Lysin % v. RP	6,4	4,1	5,5	1,o	6,o	o,o	3,o	4,5
LM(g)VB	11,7	11,7	11,8	11,7	11,8	11,7	11,8	11,8
R	o,o	o,1	o,1	o,1	o,1	o,1	o,1	o,2
4 Wochen	16,8	16,9	16,4	14,6	14,9	12,1	15,1	15,3
R	o,3	o,o	o,4	o,2	1,1	o,4	o,5	o,3
Relat.	(113)	(113)	(11o)	(98)	(1oo)	(81)	(1o1)	(1o3)
LMZ(g)	5,o	5,1	4,6	2,9	3,2	o,4	3,4	3,5
R	o,3	o,o	o,4	o,1	1,o	o,6	o,5	o,2
Relat.	(156)	(159)	(144)	(91)	(1oo)	(13)	(1o6)	(1o9)
α	1,29	1,31	1,19	o,79	o,86	o,11	o,9o	o,94
R	o,o7	o,o1	o,11	o,oo	o,23	o,16	o,12	o,o5
Relat.	(15o)	(152)	(138)	(92)	(1oo)	(13)	(1o5)	(1o9)
FVZ(g)	5,o	5,o	4,9	4,8	4,8	3,9	4,8	4,8
R	o,1	o,o	o,o	o,2	o,1	o,1	o,o	o,1
Relat.	(1o4)	(1o4)	(1o2)	(1oo)	(1oo)	(81)	(1oo)	(1oo)
FVW(g/kg)	1o15	1o29	941	6o2	668	1o1	698	731
R	46	2	9o	35	14o	148	1oo	26
Relat.	(152)	(154)	(141)	(9o)	(1oo)	(15)	(1o4)	(1o9)
Verluste(n)	-	-	-	-	-	-	-	-

Die Werte über die Rationszusammensetzung wurden bis auf zwei Kommastellen zur besseren Übersicht aufgerundet. Die genauen Werte sind der Versuchsanlage zu entnehmen.

Tabelle A9 6 WOCHENERGEBNISSE: LEBENDMASSE (LM), WACHSTUM (LMZ und α), FUTTERVERZEHR (FVZ) UND FUTTERVERWERTUNG (gLMZ/kg FUTTER TS) - VERSUCH II A -

25 Fische pro Becken

Code (1) - (4): 2 Wiederholungen
Code (5) - (8): 3 Wiederholungen

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Casein (%)	15,oo	15,oo	-	-	-	-	-	-
AS o.Lys(%)	16,63	16,63	33,26	33,26	33,26	33,26	33,26	33,26
L-Lys HCl(%)	o,98	-	1,95	-	1,95	-	o,98	1,46
L-Glu-sre(%)	-	1,57	-	3,14	-	3,14	1,57	o,78
Gelatine (%)	1o,oo	1o,oo	1o,oo	1o,oo	-	-	-	-
RP gesamt	34,5	34,5	35,o	35,o	26,o	26,o	26,o	26,o
Lysin % v. RP	6,4	4,1	5,5	1,o	6,o	o,o	3,o	4,5
LM(g)VB	11,7	11,7	11,8	11,7	11,8	11,7	11,8	11,8
R	o,o	o,1	o,1	o,1	o,1	o,1	o,1	o,2
6 Wochen	2o,5	2o,2	19,5	15,o	17,2	11,7	17,o	17,8
R	o,1	o,3	o,6	o,8	1,7	o,2	1,3	o,5
Relat.	(119)	(117)	(113)	(87)	(1oo)	(68)	(99)	(1o3)
LMZ(g)	8,8	8,5	7,8	3,3	5,5	o,o	5,3	6,o
R	o,2	o,3	o,7	1,o	1,6	o,4	1,4	o,3
Relat.	(16o)	(155)	(142)	(6o)	(1oo)	(o)	(96)	(1o9)
α	1,34	1,31	1,22	o,59	o,91	o,o3	o,89	o,99
R	o,o3	o,o4	o,o9	o,16	o,22	o,o6	o,2o	o,o3
Relat.	(147)	(144)	(134)	(65)	(1oo)	(3)	(98)	(1o9)
FVZ(g)	8,2	8,3	8,1	6,4	7,7	4,9	7,7	7,8
R	o,2	o,o	o,o	o,6	o,3	o,5	o,1	o,1
Relat.	(1o6)	(1o8)	(1o5)	(83)	(1oo)	(64)	(1oo)	(1o1)
FVW(g/kg)	1o68	1o26	959	512	71o	4	684	765
R	1	38	87	1o1	197	63	176	26
Relat.	(15o)	(145)	(135)	(72)	(1oo)	(1)	(96)	(1o8)
Verluste(n)	-	-	-	9	-	28	1	-

Die Werte über die Rationszusammensetzung wurden bis auf zwei Kommastellen zur besseren Übersicht aufgerundet. Die genauen Werte sind der Versuchsanlage zu entnehmen.

Tabelle A1c 8 WOCHENERGEBNISSE: LEBENDMASSE (LM), WACHSTUM (LMZ und α), FUTTERVERZEHR (FVZ) UND FUTTERVERWERTUNG (gLMZ/kg FUTTER TS) - VERSUCH II A -

25 Fische pro Becken

Code (1) - (4): 2 Wiederholungen
Code (5) - (8): 3 Wiederholungen

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Casein (%)	15,00	15,00	-	-	-	-	-	-
AS o.Lys(%)	16,83	16,83	33,26	33,26	33,26	33,26	33,26	33,26
L-Lys HCl(%)	0,98	-	1,95	-	1,95	-	0,98	1,46
L-Glu-sre(%)	-	1,57	-	3,14	-	3,14	1,57	0,78
Gelatine (%)	10,00	10,00	10,00	10,00	-	-	-	-
RP gesamt	34,5	34,5	35,0	35,0	26,0	26,0	26,0	26,0
Lysin % v. RP	6,4	4,1	5,5	1,0	6,0	0,0	3,0	4,5
LM(g)VB	11,7	11,7	11,8	11,7	11,8	11,7	11,8	11,8
R	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
8 Wochen	23,9	23,8	22,3	15,0	19,9	11,6	19,1	20,4
R	0,5	0,3	0,1	1,0	2,6	0,8	2,1	0,8
Relat.	(120)	(120)	(112)	(79)	(100)	(58)	(96)	(103)
LMZ(g)	12,2	12,1	10,5	3,3	8,1	-0,1	7,3	8,7
R	0,6	0,2	0,2	1,1	2,5	0,4	2,2	0,6
Relat.	(151)	(149)	(130)	(41)	(100)	(-1)	(90)	(107)
α	1,29	1,28	1,15	0,44	0,94	-0,02	0,86	0,99
R	0,05	0,01	0,05	0,14	0,38	0,11	0,07	0,04
Relat.	(137)	(136)	(122)	(47)	(100)	(-2)	(91)	(105)
FVZ(g)	12,2	12,3	11,9	8,4	11,1	6,4	11,1	11,3
R	0,2	0,1	0,2	0,7	0,6	0,5	0,3	0,2
Relat.	(110)	(111)	(107)	(76)	(100)	(58)	(101)	(102)
FVW(g/kg)	1001	988	882	388	729	1)	659	765
R	30	28	3	100	185		184	36
Relat.	(137)	(136)	(121)	(53)	(100)		(90)	(105)
Verluste(n)	-	1	1	14	-	37	1	-

1) Der Wert wurde nicht aufgenommen, da er kleiner als 0 ist.

Die Werte über die Rationszusammensetzung wurden bis auf zwei Kommastellen zur besseren Übersicht aufgerundet. Die genauen Werte sind der Versuchsanlage zu entnehmen.

Tabelle A11 1o WOCHENERGEBNISSE: LEBENDMASSE (LM), WACHSTUM (LMZ und α), FUTTERVERZEHR (FVZ) UND FUTTERVERWERTUNG (gLMZ/kg FUTTER TS) - VERSUCH II A -

25 Fische pro Becken

Code (1) - (4): 2 Wiederholungen
Code (5) - (8): 3 Wiederholungen

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)[1]	(7)	(8)
Casein (%)	15,oo	15,oo	-	-	-	-	-	-
AS o.Lys(%)	16,63	16,63	33,26	33,26	33,26	33,26	33,26	33,26
L-Lys HCl(%)	o,98	-	1,95	-	1,95	-	o,98	1,46
L-Glu-sre(%)	-	1,57	-	3,14	-	3,14	1,57	o,78
Gelatine (%)	1o,oo	1o,oo	1o,oo	1o,oo	-	-	-	-
RP gesamt	34,5	34,5	35,o	35,o	26,o	26,o	26,o	26,o
Lysin % v. RP	6,4	4,1	5,5	1,o	6,o	o,o	3,o	4,5
LM(g)VB	11,7	11,7	11,8	11,7	11,8	11,7	11,8	11,8
R	o,o	o,1	o,1	o,1	o,1	o,1	o,1	o,2
1o Wochen	26,2	26,7	24,6	14,5	21,9	11,1	2o,6	22,3
R	o,1	o,9	o,1	1,3	3,o	o,4	2,6	o,5
Relat.	(12o)	(122)	(112)	(66)	(1oo)	(51)	(94)	(1o2)
LMZ(g)	14,5	15,o	12,8	2,8	1o,2	-o,5	8,8	1o,6
R	o,2	o,9	o,2	1,4	2,9	o,4	2,6	o,4
Relat.	(142)	(147)	(125)	(27)	(1oo)	(-5)	(86)	(1o4)
α	1,16	1,18	1,o6	o,31	o,89	-o,o7	o,8o	o,92
R	o,o1	o,o4	o,o2	o,15	o,18	o,o6	o,19	o,o2
Relat.	(13o)	(133)	(119)	(35)	(1oo)	(-9)	(9o)	(1o3)
FVZ(g)	16,o	16,o	15,4	9,2	14,2	7,2	14,1	14,5
R	o,3	o,1	o,2	o,7	1,o	o,o	o,6	o,3
Relat.	(113)	(113)	(1o8)	(65)	(1oo)	(51)	(99)	(1o2)
FVW(g/kg)	91o	939	832	3o6	714	[2]	625	731
R	7	61	4	134	154		167	32
Relat.	(127)	(132)	(117)	(43)	(1oo)		(88)	(1o2)
Verluste(n)	-	1	2	15	-	21[3]	2	-

1) Ab 9. Versuchswoche nur 2 Wdh., da 1 Becken auf Rationsfutter (5) umgestellt wurde.

2) Der Wert wurde nicht aufgenommen, da er kleiner 0 ist.

3) Der Wert bezieht sich nur auf 2 Wdh.; zählt man die Fischverluste der 3. Wdh. vor der Futterumstellung dazu, so ergibt sich eine Verlustzahl von 39.

Die Werte über die Rationszusammensetzung wurden bis auf zwei Kommastellen zur besseren Übersicht aufgerundet. Die genauen Werte sind der Versuchsanlage zu entnehmen.

Tabelle A12 12 WOCHENERGEBNISSE: LEBENDMASSE (LM), WACHSTUM (LMZ und α), FUTTERVERZEHR (FVZ) UND FUTTERVERWERTUNG (gLMZ/kg FUTTER TS) - VERSUCH II A -

25 Fische pro Becken

Code (1) - (4): 2 Wiederholungen
Code (5) - (8): 3 Wiederholungen

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)[1]	(7)	(8)
Casein (%)	15,oo	15,oo	-	-	-	-	-	-
AS o.Lys(%)	16,63	16,63	33,26	33,26	33,26	33,26	33,26	33,26
L-Lys HCl(%)	o,98	-	1,95	-	1,95	-	o,98	1,46
L-Glu-sre(%)	-	1,57	-	3,14	-	3,14	1,57	o,78
Gelatine (%)	1o,oo	1o,oo	1o,oo	1o,oo	-	-	-	-
RP gesamt	34,5	34,5	35,o	35,o	26,o	26,o	26,o	26,o
Lysin % v. RP	6,4	4,1	5,5	1,o	6,o	o,o	3,o	4,5
LM(g)VB	11,7	11,7	11,8	11,7	11,8	11,7	11,8	11,8
R	o,o	o,1	o,1	o,1	o,1	o,1	o,1	o,2
12 Wochen	29,4	29,9	27,2	14,3	24,2	11,o	22,3	24,4
R	o,9	1,2	o,8	1,1	3,7	o,5	2,o	o,4
Relat.	(121)	(124)	(112)	(59)	(1oo)	(45)	(92)	(1o1)
LMZ(g)	17,7	18,2	15,4	2,6	12,4	-o,7	1o,6	12,7
R	1,o	1,2	o,9	1,2	3,6	o,5	2,o	o,2
Relat.	(143)	(147)	(124)	(21)	(1oo)	(-6)	(85)	(1o2)
α	1,1o	1,12	1,oo	o,24	o,86	-o,o7	o,76	o,87
R	o,o4	o,o4	o,o4	o,1o	o,18	o,o6	o,11	o,o1
Relat.	(128)	(13o)	(116)	(28)	(1oo)	(-8)	(88)	(1o1)
FVZ(g)	2o,1	2o,1	19,2	9,9	17,6	7,8	17,3	17,9
R	o,3	o,o	o,2	o,8	1,5	o,o	o,9	o,4
Relat.	(114)	(114)	(1o9)	(56)	(1oo)	(44)	(98)	(1o2)
FVW(g/kg)	882	9o5	8o4	264	7o3	[2]	6o9	7o7
R	37	58	37	98	159		85	7
Relat.	(125)	(129)	(114)	(38)	(1oo)		(87)	(1o1)
Verluste(n)	-	1	2	2o	-	27[3]	4	-

1) Ab 9. Versuchswoche nur 2 Wdh., da 1 Becken auf Rationsfutter (5) umgestellt wurde.

2) Der Wert wurde nicht aufgenommen, da er kleiner 0 ist.

3) Der Wert bezieht sich nur auf 2 Wdh.; zählt man die Fischverluste der 3. Wdh. vor der Futterumstellung dazu, so ergibt sich eine Verlustzahl von 45.

Die Werte über die Rationszusammensetzung wurden bis auf zwei Kommastellen zur besseren Übersicht aufgerundet. Die genauen Werte sind der Versuchsanlage zu entnehmen.

Tabelle A13 Wiegeergebnisse: Gewicht pro Einzelfisch - Versuch IIB
25 Fische pro Becken - 3 Wdh.

Code Nr.		(9)	(1o)	(11)	(12)
Proteinqu.:	FPC (%)	3o,o	3o,o	-	-
	Casein (%)	-	-	3o,o	3o,o
	Gelatine (%)	-	1o,o	1o,o	1o,o
Fettquelle:	Fischöl	15,o	15,o	15,o	-
	Sonnenbl.öl	-	-	-	15,o
Rohprotein i. %		25,o	34,o	34,o	34,o
1.Wiegung: Wdhnr.	1)	11,816	11,768	11,732	11,772
	2)	11,78o	11,796	11,656	11,748
	3)	11,816	11,78o	11,784	11,696
	x	11,8o4	11,781	11,724	11,739
2.Wiegung: Wdhnr.	1)	12,4oo	12,932	13,184	13,ooo
	2)	12,892	13,256	12,988	12,932
	3)	12,8oo	13,684	13,2oo	13,o24
	x	12,697	13,291	13,124	12,985
3.Wiegung: Wdhnr.	1)	14,5o4	15,328	15,848	15,568
	2)	14,672	15,26o	15,648	15,556
	3)	14,896	16,428	15,928	15,452
	x	14,691	15,672	15,8o8	15,525
4.Wiegung: Wdhnr.	1)	16,82o	18,244	18,556	17,924
	2)	16,92o	18,o52	18,88o	17,74o
	3)	17,34o	19,488	18,9o8	17,416
	x	17,o27	18,595	18,781	17,693
5.Wiegung: Wdhnr.	1)	19,172	21,38o	2o,768	19,848
	2)	19,112	2o,924	2o,852	18,292
	3)	19,872	22,564	21,564	18,86o
	x	19,385	21,623	21,o62	19,ooo
6.Wiegung: Wdhnr.	1)	21,468	24,128	22,472	21,456
	2)	21,556	23,4o4	22,332	19,744
	3)	22,16o	25,28o	23,548	2o,18o
	x	21,728	24,271	22,784	2o,46o
7.Wiegung: Wdhnr.	1)	23,844	26,828	24,792	22,712
	2)	23,5oo	25,372	24,396	21,328
	3)	24,448	28,o36	25,452	21,816
	x	23,931	26,745	24,88o	21,952
8.Wiegung: Wdhnr.	1)	26,82o	3o,46o	27,82o	23,656
	2)	26,54o	28,672	26,5oo	22,788
	3)	27,6o4	32,1oo	27,448	23,364
	x	26,988	3o,411	27,o56	23,269

Diese Werte dienen als Grundlage für alle folgenden Berechnungen.

Tabelle A14 SPEZIFISCHE WACHSTUMSRATEN IN DEN EINZELNEN VERSUCHSABSCHNITTEN - VERSUCH II B -

25 Fische pro Becken - 3 Wiederholungen

Code Nr.	(9)	(1o)	(11)	(12)
FPC (%)	3o,o	3o,o	-	-
Casein (%)	-	-	3o,o	3o,o
Gelatine (%)	-	1o,o	1o,o	1o,o
Fischöl (%)	15,o	15,o	15,o	-
Sonnenblumenöl (%)	-	-	-	15,o
RP gesamt	25,o	34,o	34,o	34,o
Lysin % v. RP	6,7	6,o	7,4	7,4
1.u.2.Wo.	o,52	o,87	o,81	o,72
R	o,3o	o,4o	o,o6	o,o8
Relat.	(6o)	(1oo)	(93)	(83)
3.u.4.Wo.	1,o5	1,18	1,34	1,29
R	o,2o	o,3o	o,o3	o,1o
Relat.	(89)	(1oo)	(114)	(1o9)
5.u.6.Wo.	1,o6	1,23	1,24	o,94
R	o,o7	o,o4	o,22	o,15
Relat.	(86)	(1oo)	(1o1)	(76)
7.u.8.Wo.	o,93	1,o8	o,82	o,51
R	o,11	o,o9	o,23	o,51
Relat.	(86)	(1oo)	(76)	(47)
9.u.1o.Wo.	o,82	o,83	o,56	o,53
R	o,o8	o,o7	o,14	o,o8
Relat.	(99)	(1oo)	(67)	(64)
11.u.12.Wo.	o,69	o,69	o,63	o,51
R	o,13	o,18	o,14	o,15
Relat.	(1oo)	(1oo)	(91)	(74)
13.u.14.Wo.	o,86	o,92	o,6o	o,42
R	o,o3	o,o9	o,13	o,2o
Relat.	(93)	(1oo)	(65)	(46)

Tabelle A15 2 WOCHENERGEBNISSE: LEBENDMASSE (LM), WACHSTUM (LMZ und α), FUTTERVERZEHR (FVZ) UND FUTTERVERWERTUNG (gLMZ/kg FUTTER TS) - VERSUCH II B -
25 Fische pro Becken - 3 Wiederholungen

Code Nr.	(9)	(1o)	(11)	(12)
FPC (%)	3o,o	3o,o	-	-
Casein (%)	-	-	3o,o	3o,o
Gelatine (%)	-	1o,o	1o,o	1o,o
Fischöl (%)	15,o	15,o	15,o	-
Sonnenblumenöl (%)	-	-	-	15,o
RP gesamt	25,o	34,o	34,o	34,o
Lysin % v. RP	6,7	6,o	7,4	7,4
LM(g)VB	11,8	11,8	11,7	11,7
R	o,o	o,o	o,1	o,1
2 Wochen	12,7	13,3	13,1	13,o
R	o,5	o,8	o,2	o,1
Relat.	(95)	(1oo)	(98)	(98)
LMZ(g)	o,9	1,5	1,4	1,2
R	o,5	o,7	o,1	o,2
Relat.	(6o)	(1oo)	(93)	(8o)
α	o,52	o,87	o,81	o,72
R	o,3o	o,4o	o,o6	o,o8
Relat.	(6o)	(1oo)	(93)	(83)
FVZ(g)	2,3	2,3	2,3	2,3
R	o,o	o,o	o,o	o,o
Relat.	(1oo)	(1oo)	(1oo)	(1oo)
FVW(g/kg)	387	655	6o8	542
R	231	322	52	65
Relat.	(59)	(1oo)	(93)	(83)
Verluste(n)	-	-	-	-

Tabelle A16 4 WOCHENERGEBNISSE: LEBENDMASSE (LM), WACHSTUM (LMZ und α), FUTTERVERZEHR (FVZ) UND FUTTERVERWERTUNG (gLMZ/kg FUTTER TS) - VERSUCH II B -

25 Fische pro Becken - 3 Wiederholungen

Code Nr.	(9)	(1o)	(11)	(12)
FPC (%)	3o,o	3o,o	-	-
Casein (%)	-	-	3o,o	3o,o
Gelatine (%)	-	1o,o	1o,o	1o,o
Fischöl (%)	15,o	15,o	15,o	-
Sonnenblumenöl (%)	-	-	-	15,o
RP gesamt	25,o	34,o	34,o	34,o
Lysin % v. RP	6,7	6,o	7,4	7,4
LM(g)VB	11,8	11,8	11,7	11,7
R	o,o	o,o	o,1	o,1
4 Wochen	14,7	15,7	15,8	15,5
R	o,4	1,2	o,3	o,1
Relat.	(94)	(1oo)	(1o1)	(99)
LMZ(g)	2,9	3,9	4,1	3,8
R	o,4	1,2	o,2	o,o
Relat.	(74)	(1oo)	(1o5)	(97)
α	o,78	1,o2	1,o7	1,oo
R	o,1o	o,28	o,o2	o,o1
Relat.	(76)	(1oo)	(1o5)	(98)
FVZ(g)	4,8	4,9	4,9	4,8
R	o,1	o,2	o,1	o,o
Relat.	(98)	(1oo)	(1oo)	(98)
FVW(g/kg)	6o5	792	839	789
R	72	222	16	9
Relat.	(76)	(1oo)	(1o6)	(1oo)
Verluste(n)	-	-	-	-

Tabelle A17 6 WOCHENERGEBNISSE: LEBENDMASSE (LM), WACHSTUM (LMZ und α), FUTTERVERZEHR (FVZ) UND FUTTERVERWERTUNG (gLMZ/kg FUTTER TS) - VERSUCH II B -

25 Fische pro Becken - 3 Wiederholungen

Code Nr.	(9)	(1o)	(11)	(12)
FPC (%)	3o,o	3o,o	-	-
Casein (%)	-	-	3o,o	3o,o
Gelatine (%)	-	1o,o	1o,o	1o,o
Fischöl (%)	15,o	15,o	15,o	-
Sonnenblumenöl (%)	-	-	-	15,o
RP gesamt	25,o	34,o	34,o	34,o
Lysin % v. RP	6,7	6,o	7,4	7,4
LM(g)VB	11,8	11,8	11,7	11,7
R	o,o	o,o	o,1	o,1
6 Wochen	17,o	18,6	18,8	17,7
R	o,5	1,4	o,4	o,5
Relat.	(91)	(1oo)	(1o1)	(95)
LMZ(g)	5,2	6,8	7,1	6,o
R	o,5	1,5	o,4	o,4
Relat.	(76)	(1oo)	(1o4)	(88)
α	o,88	1,o9	1,13	o,98
R	o,o8	o,19	o,o5	o,o2
Relat.	(81)	(1oo)	(1o4)	(9o)
FVZ(g)	7,6	8,o	8,o	7,8
R	o,2	o,4	o,1	o,o
Relat.	(95)	(1oo)	(1oo)	(98)
FVW(g/kg)	684	854	886	763
R	5o	148	61	57
Relat.	(8o)	(1oo)	(1o4)	(89)
Verluste(n)	-	-	-	-

Tabelle A18 8 WOCHENERGEBNISSE: LEBENDMASSE (LM), WACHSTUM (LMZ und α), FUTTERVERZEHR (FVZ) UND FUTTERVERWERTUNG (gLMZ/kg FUTTER TS) - VERSUCH II B -

25 Fische pro Becken - 3 Wiederholungen

Code Nr.	(9)	(1o)	(11)	(12)
FPC (%)	3o,o	3o,o	-	-
Casein (%)	-	-	3o,o	3o,o
Gelatine (%)	-	1o,o	1o,o	1o,o
Fischöl (%)	15,o	15,o	15,o	-
Sonnenblumenöl (%)	-	-	-	15,o
RP gesamt	25,o	34,o	34,o	34,o
Lysin % v. RP	6,7	6,o	7,4	7,4
LM(g)VB	11,8	11,8	11,7	11,7
R	o,o	o,o	o,1	o,1
8 Wochen	19,4	21,6	21,1	19,o
R	o,8	1,6	o,8	1,6
Relat.	(9o)	(1oo)	(98)	(88)
LMZ(g)	7,6	9,8	9,3	7,3
R	o,7	1,7	o,8	1,5
Relat.	(78)	(1oo)	(95)	(74)
α	o,89	1,o9	1,o5	o,86
R	o,o6	o,14	o,o5	o,15
Relat.	(82)	(1oo)	(96)	(79)
FVZ(g)	11,o	11,6	11,6	11,3
R	o,3	o,6	o,1	o,1
Relat.	(95)	(1oo)	(1oo)	(97)
FVW(g/kg)	691	847	8o2	645
R	59	98	59	133
Relat.	(82)	(1oo)	(95)	(76)
Verluste(n)	1	-	1	-

Tabelle A19 1o WOCHENERGEBNISSE: LEBENDMASSE (LM), WACHSTUM (LMZ und α), FUTTERVERZEHR (FVZ) UND FUTTERVERWERTUNG (gLMZ/kg FUTTER TS) - VERSUCH II B -

25 Fische pro Becken - 3 Wiederholungen

Code Nr.	(9)	(1o)	(11)	(12)
FPC (%)	3o,o	3o,o	-	-
Casein (%)	-	-	3o,o	3o,o
Gelatine (%)	-	1o,o	1o,o	1o,o
Fischöl (%)	15,o	15,o	15,o	-
Sonnenblumenöl (%)	-	-	-	15,o
RP gesamt	25,o	34,o	34,o	34,o
Lysin % v. RP	6,7	6,o	7,4	7,4
LM(g)VB	11,8	11,8	11,7	11,7
R	o,o	o,o	o,1	o,1
1o Wochen	21,7	24,3	22,8	2o,5
R	o,7	1,9	1,2	1,7
Relat.	(89)	(1oo)	(94)	(84)
LMZ(g)	9,9	12,5	11,1	8,7
R	o,7	1,9	1,1	1,7
Relat.	(79)	(1oo)	(89)	(7o)
α	o,88	1,o4	o,95	o,79
R	o,o4	o,12	o,o6	o,12
Relat.	(85)	(1oo)	(91)	(76)
FVZ(g)	14,o	15,o	14,9	14,2
R	o,4	o,8	o,3	o,3
Relat.	(93)	(1oo)	(99)	(95)
FVW(g/kg)	7o8	834	74o	612
R	3o	82	63	111
Relat.	(85)	(1oo)	(89)	(73)
Verluste(n)	1	-	2	-

Tabelle A2o12 WOCHENERGEBNISSE: LEBENDMASSE (LM), WACHSTUM (LMZ und α), FUTTERVERZEHR (FVZ) UND FUTTERVERWERTUNG (gLMZ/kg FUTTER TS) - VERSUCH II B -

25 Fische pro Becken - 3 Wiederholungen

Code Nr.	(9)	(1o)	(11)	(12)
FPC (%)	3o,o	3o,o	-	-
Casein (%)	-	-	3o,o	3o,o
Gelatine (%)	-	1o,o	1o,o	1o,o
Fischöl (%)	15,o	15,o	15,o	-
Sonnenblumenöl (%)	-	-	-	15,o
RP gesamt	25,o	34,o	34,o	34,o
Lysin % v. RP	6,7	6,o	7,4	7,4
LM(g)VB	11,8	11,8	11,7	11,7
R	o,o	o,o	o,1	o,1
12 Wochen	23,9	26,7	24,9	22,o
R	o,9	2,7	1,1	1,4
Relat.	(9o)	(1oo)	(94)	(82)
LMZ(g)	12,1	15,o	13,2	1o,2
R	o,9	2,7	o,9	1,4
Relat.	(81)	(1oo)	(88)	(68)
α	o,85	o,98	o,9o	o,75
R	o,o4	o,12	o,o4	o,o8
Relat.	(87)	(1oo)	(92)	(77)
FVZ(g)	17,4	18,8	18,5	17,4
R	o,6	1,o	o,5	o,6
Relat.	(93)	(1oo)	(98)	(93)
FVW(g/kg)	697	797	711	588
R	41	1oo	35	66
Relat.	(87)	(1oo)	(89)	(74)
Verluste(n)	1	-	2	-

Tabelle A21 Wiegeergebnisse: Gewicht pro Einzelfisch - Versuch III
25 Fische pro Becken - 2 Wiederholungen

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
AS alt o.Lys (%)	33,26	-	-	-	-
AS neu o.Lys (%)	-	33,82	33,82	33,82	33,82
Lys. HCl (%)	1,95	1,95	1,63	1,46	1,3o
Glut-sre (%)	-	-	o,32	o,49	1,o4
RP gesamt	26,o	26,o	26,o	26,o	26,o
Lysin % v.RP	6,o	6,o	5,o	4,5	4,o
1.Wiegung: Wdhnr.1)	23,788	23,824	23,7o4	23,7oo	23,792
2)	23,824	23,832	23,86o	23,688	23,82o
$\bar{x}$	23,8o6	23,828	23,782	23,694	23,8o6
2.Wiegung: Wdhnr.1)	28,12o	27,916	28,o4o	28,o72	27,792
2)	27,788	28,128	27,88o	27,98o	28,oo8
$\bar{x}$	27,954	28,o22	27,96o	28,o26	27,9oo
3.Wiegung: Wdhnr.1)	32,ooo	32,32o	32,12o	32,232	32,o28
2)	31,616	32,6oo	32,196	32,372	32,228
$\bar{x}$	31,8o8	32,46o	32,158	32,3o2	32,128
4.Wiegung: Wdhnr.1)	35,848	37,o8o	36,68o	37,o64	36,2o4
2)	35,6o4	37,32o	37,14o	37,224	36,52o
$\bar{x}$	35,726	37,2oo	36,91o	37,144	36,362
5.Wiegung: Wdhnr.1)	4o,564	42,o12	41,o4o	41,96o	4o,452
2)	39,744	41,628	41,716	41,6oo	4o,o64
$\bar{x}$	4o,154	41,82o	41,378	41,78o	4o,258

Diese Werte dienen als Grundlage für alle folgenden Berechnungen.

Die Werte über die Rationszusammensetzung wurden bis auf zwei Kommastellen zur besseren Übersicht aufgerundet. Die genauen Werte sind der Versuchsanlage zu entnehmen.

Tabelle 47 [illegible]
VERSUCHSABSCHNITTEN - VERSUCH XII -

25 Fische pro Becken - 2 Wiederholungen

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
AS alt o.Lys(%)	33,26	-	-	-	-
AS neu o.Lys(%)	-	33,82	33,82	33,82	33,82
L-Lys HCl (%)	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96
L-Glu-sre (%)	-	-	0,52	0,78	1,05
RP gesamt	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0
Lysin % v. RP	6,0	6,0	5,0	4,5	4,0
1.u.2.Wo.	1,16	1,17	1,17	1,21	1,14
R	0,09	0,05	0,03	0,03	0,04
Relat.	(90)	(100)	(100)	(105)	(97)
3.u.4.Wo.	0,93	1,06	1,01	1,02	1,02
R	0,00	0,01	0,05	0,06	0,01
Relat.	(89)	(100)	(95)	(96)	(96)
5.u.6.Wo.	0,83	0,98	0,99	1,00	0,88
R	0,04	0,02	0,08	0,00	0,07
Relat.	(85)	(100)	(101)	(102)	(90)
7.u.8.Wo.	0,84	0,84	0,82	0,85	0,73
R	0,10	0,12	0,02	0,00	0,14
Relat.	(100)	(100)	(98)	(101)	(87)

Die Werte über die Rationszusammensetzung wurden bis auf zwei Kommastellen zur besseren Übersicht aufgerundet. Die genauen Werte sind der Versuchsanlage zu entnehmen.

Tabelle A23 2 WOCHENERGEBNISSE (HAUPTPERIODE): LEBENDMASSE (LM), WACHSTUM (LMZ und ∝), FUTTERVERZEHR (FVZ) UND FUTTERVERWERTUNG (gLMZ/kg FUTTER TS) - VERSUCH III -

25 Fische pro Becken - 2 Wiederholungen

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
AS alt o.Lys(%)	33,26	-	-	-	-
AS neu o.Lys(%)	-	33,82	33,82	33,82	33,82
L-Lys HCl (%)	1,95	1,95	1,63	1,46	1,3o
L-Glu-sre (%)	-	-	o,52	o,78	1,o5
RP gesamt	26,o	26,o	26,o	26,o	26,o
Lysin % v. RP	6,o	6,o	5,o	4,5	4,o
LM(g)VB	23,8	23,8	23,8	23,7	23,8
R	o,o	o,o	o,2	o,o	o,o
2 Wochen	28,o	28,o	28,o	28,o	27,9
R	o,3	o,2	o,2	o,1	o,2
Relat.	(1oo)	(1oo)	(1oo)	(1oo)	(1oo)
LMZ(g)	4,1	4,2	4,2	4,3	4,1
R	o,4	o,2	o,4	o,1	o,2
Relat.	(98)	(1oo)	(1oo)	(1o2)	(98)
∝	1,16	1,17	1,17	1,21	1,14
R	o,o9	o,o5	o,o9	o,o2	o,o4
Relat.	(99)	(1oo)	(1oo)	(1o3)	(97)
FVZ(g)	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
R	o,o	o,o	o,o	o,o	o,o
Relat.	(1oo)	(1oo)	(1oo)	(1oo)	(1oo)
FVW(g/kg)	9o2	912	9o8	942	89o
R	8o	44	69	17	41
Relat.	(99)	(1oo)	(1oo)	(1o3)	(98)
Verluste(n)	-	-	-	-	-

Die Werte über die Rationszusammensetzung wurden bis auf zwei Kommastellen zur besseren Übersicht aufgerundet. Die genauen Werte sind der Versuchsanlage zu entnehmen.

Tabelle A24 4 WOCHENERGEBNISSE (HAUPTPERIODE): LEBENDMASSE (LM), WACHSTUM (LMZ und ∝), FUTTERVERZEHR (FVZ) UND FUTTERVERWERTUNG (gLMZ/kg FUTTER TS) - VERSUCH III -

25 Fische pro Becken - 2 Wiederholungen

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
AS alt o.Lys(%)	33,26	-	-	-	-
AS neu o.Lys(%)	-	33,82	33,82	33,82	33,82
L-Lys HCl (%)	1,95	1,95	1,63	1,46	1,3o
L-Glu-sre (%)	-	-	o,52	o,78	1,o5
RP gesamt	26,o	26,o	26,o	26,o	26,o
Lysin % v. RP	6,o	6,o	5,o	4,5	4,o
LM(g)VB	23,8	23,8	23,8	23,7	23,8
R	o,o	o,o	o,2	o,o	o,o
4 Wochen	31,8	32,5	32,2	32,3	32,1
R	o,4	o,3	o,1	o,1	o,2
Relat.	(98)	(1oo)	(99)	(99)	(99)
LMZ(g)	8,o	8,6	8,4	8,6	8,3
R	o,4	o,3	o,1	o,2	o,2
Relat.	(93)	(1oo)	(98)	(1oo)	(97)
∝	1,o4	1,12	1,o9	1,11	1,o8
R	o,o4	o,o3	o,o1	o,o2	o,o2
Relat.	(93)	(1oo)	(97)	(99)	(96)
FVZ(g)	1o,1	1o,1	1o,1	1o,1	1o,1
R	o,1	o,1	o,1	o,o	o,1
Relat.	(1oo)	(1oo)	(1oo)	(1oo)	(1oo)
FVW(g/kg)	796	859	833	852	828
R	34	19	o	15	9
Relat.	(93)	(1oo)	(97)	(99)	(96)
Verluste(n)	-	-	-	-	-

Die Werte über die Rationszusammensetzung wurden bis auf zwei Kommastellen zur besseren Übersicht aufgerundet. Die genauen Werte sind der Versuchsanlage zu entnehmen.

Tabelle A25 6 WOCHENERGEBNISSE (HAUPTPERIODE): LEBENDMASSE (LM), WACHSTUM (LMZ und ∝), FUTTERVERZEHR (FVZ) UND FUTTERVERWERTUNG (gLMZ/kg FUTTER TS) - VERSUCH III -

25 Fische pro Becken - 2 Wiederholungen

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
AS alt o.Lys(%)	33,26	-	-	-	-
AS neu o.Lys(%)	-	33,82	33,82	33,82	33,82
L-Lys HCl (%)	1,95	1,95	1,63	1,46	1,3o
L-Glu-sre (%)	-	-	o,52	o,78	1,o5
RP gesamt	26,o	26,o	26,o	26,o	26,o
Lysin % v. RP	6,o	6,o	5,o	4,5	4,o
LM(g)VB	23,8	23,8	23,8	23,7	23,8
R	o,o	o,o	o,2	o,o	o,o
6 Wochen	35,7	37,2	36,9	37,1	36,4
R	o,2	o,2	o,5	o,2	o,3
Relat.	(96)	(1oo)	(99)	(1oo)	(98)
LMZ(g)	11,9	13,4	13,1	13,5	12,6
R	o,3	o,2	o,3	o,2	o,3
Relat.	(89)	(1oo)	(98)	(1o1)	(94)
∝	o,97	1,o7	1,o5	1,o8	1,o1
R	o,o2	o,o1	o,o2	o,o1	o,o2
Relat.	(91)	(1oo)	(98)	(1o1)	(94)
FVZ(g)	16,3	16,4	16,4	16,4	16,3
R	o,1	o,2	o,1	o,o	o,2
Relat.	(99)	(1oo)	(1oo)	(1oo)	(99)
FVW(g/kg)	734	815	8o3	82o	77o
R	13	4	24	1o	8
Relat.	(9o)	(1oo)	(99)	(1o1)	(94)
Verluste(n)	-	-	-	-	-

Die Werte über die Rationszusammensetzung wurden bis auf zwei Kommastellen zur besseren Übersicht aufgerundet. Die genauen Werte sind der Versuchsanlage zu entnehmen.

LEBENSLAUF

Personalien:

Name:	Johann Wilhelm Strauß
geboren:	05.10.52
Geburtsort:	München
Bekenntnis:	rk.
Familienstand:	verh.
Ehefrau:	Brigitta Monika, geb. Kraus, geb. 17.09.53

Eltern: Johann Michael Strauß (Baukaufmann) und + Erna, geb. Spielbauer

Schulbildung:

Volksschule: von 1959 bis 1964 (in München, Tutzing, Weilheim und Pullach)

Gymnasium: von 1964 bis Ende 1966 in München, Wittelsbacher Gymnasium

von Anfang 1967 bis 1974 in Weiden/Opf., Augustinus-Gymnasium

1974: Abschluß der Reifeprüfung

Wehrdienst: vom 01.07.74 bis 30.09.75
Grundausbildung: Pfreimd/Opf.
Rest der Wehrdienstzeit: Oberviechtach/Opf.

Studium: vom 01.10.75 bis 04.12.80
Studium der Tiermedizin an der Ludwig-Maximilians-Universität in München

Approbation: Januar 1981

DANKSAGUNG

Herrn Prof. Dr. J. Gropp möchte ich an dieser Stelle für die Überlassung des Themas und für seine Unterstützung und Anleitung bei der Planung und Durchführung der Experimente als auch der Fertigstellung der vorliegenden Arbeit recht herzlich danken.

Mein Dank gilt insbesondere auch Herrn Prof. Dr. R. Hoffmann für die histologische Organuntersuchung als wesentlicher Bestandteil der erzielten Ergebnisse.

Ebenfalls bedanke ich mich bei Frau Dr. B. Holstein für die Durchführung der umfangreichen Analysenbestimmungen.

Nicht zuletzt möchte ich mich bei Frau E. Stadler für ihre jederzeit gewährte Hilfsbereitschaft und organisatorische Unterstützung sowie bei Herrn W. Bunge für seine stete Bereitwilligkeit zur Entlastung bei der Betreuung der Versuchstiere bedanken.